



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б. Н. Ельцина

**Уральский  
энергетический  
институт**

**Б. Л. ОХОТНИКОВ**

# ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Учебное пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Б. Л. Охотников**

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

*Рекомендовано методическим советом УрФУ  
в качестве **учебного пособия** для студентов,  
обучающихся по направлениям подготовки  
140501 – Двигатели внутреннего сгорания,  
141100 – Энергетическое машиностроение*

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2014

УДК 621.431(075.8)  
ББК 31.365я73  
О-93

Рецензенты: канд. техн. наук, доц. Л. А. Новопашин, зав. кафедрой «Тракторы и автомобили» УрГАУ;

В. А. Пермьяков, начальник Свердловского филиала ФГБУ «Спеццентр учета в АПК»

Научный редактор – канд. техн. наук доц. Л. В. Плотников

**Охотников, Б. Л.**

О-93 Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие / Б. Л. Охотников. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.

ISBN 978-5-7996-1204-7

В издании приведены сведения по основным свойствам двигателей внутреннего сгорания (ДВС), их производственной и технической эксплуатации в отраслях народного хозяйства. Рассмотрены вопросы обеспечения экономичности в использовании двигателей, устанавливаемых на машинах соответствующего назначения. Исследованы условия обеспечения работоспособности и исправности ДВС при их применении по назначению на предприятиях народного хозяйства.

Учебное пособие предназначено для лиц, изучающих основы использования ДВС на транспортных и других предприятиях, и студентов.

Библиогр.: 25 назв. Табл. 6. Рис. 22.

УДК 621.431(075.8)  
ББК 31.365я73

ISBN 978-5-7996-1204-7

© Уральский федеральный  
университет, 2014

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
Раздел 1. Производственная эксплуатация двигателей .....	8
1.1. Энергетика в использовании техники по назначению.....	8
1.1.1. Место ДВС в общей системе энергообеспечения.....	8
1.1.2. Научно-технические проблемы и задачи энергетики.....	12
1.2. Факторы, влияющие на техническое состояние и эксплуатационные свойства двигателей.....	14
1.2.1. Природно-климатические факторы .....	14
1.2.2. Режимы работы двигателей .....	18
1.2.3. Качество расходных материалов .....	20
1.3. Эксплуатационные свойства ДВС.....	24
1.3.1. Основные эксплуатационные показатели дизельного двигателя.....	24
1.3.2. Выбор рациональных режимов работы двигателя. Оценка экономичности работы двигателя .....	28
1.3.3. Влияние атмосферных условий и технического состояния на эксплуатационные показатели ДВС .....	30
1.4. Приспособленность двигателя к условиям эксплуатации.....	34
1.4.1. Приспособленность и условия .....	34
1.4.2. Показатели приспособленности.....	37
1.4.3. Эксплуатационная технологичность машин .....	39
1.5. Влияние условий эксплуатации на топливную экономичность .....	42
1.5.1. Влияние температуры на расход топлива.....	42
1.5.2. Влияние режима движения транспортного средства на расход топлива двигателем.....	46
1.5.3. Влияние нагруженности машины на расход топлива .....	47
1.6. Эффективность использования ДВС .....	50
1.6.1. Надежность – показатель эффективности двигателя (машины) .....	50
1.6.2. Пути повышения эффективности при создании машин.....	53

1.6.3. Пути повышения эффективности ДВС при эксплуатации .....	55
Раздел 2. Обеспечение работоспособности и исправности двс .....	59
2.1. Введение в техническую эксплуатацию машин .....	59
2.1.1. Техническое состояние и работоспособность изделия .....	59
2.1.2. Основные понятия и определения технической эксплуатации .....	61
2.1.3. Основные причины изменения технического состояния машин .....	63
2.1.4. Определение предельных величин износа.....	65
2.1.5. Пути обеспечения работоспособности машин .....	66
2.2. Система технического обслуживания машин .....	69
2.2.1. Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта .....	69
2.2.2. Виды и методы технического обслуживания .....	71
2.2.3. Теоретические основы и правила эксплуатационной обкатки .....	72
2.2.4. Установление периодичности технического обслуживания (ТО) .....	74
2.2.5. Группирование операций и нормативы периодичности технических обслуживаний.....	78
2.3. Техническое обслуживание двигателей .....	80
2.3.1. Техническое обслуживание тракторных ДВС .....	80
2.3.2. ТО двигателей, установленных на автомобилях.....	86
2.4. Техническое диагностирование машин .....	95
2.4.1. Основные понятия и определения технической диагностики .....	95
2.4.2. Сущность и содержание диагностики .....	98
2.4.3. Принципы и методы диагностирования объектов .....	102
2.5. Производственная база ТО предприятия .....	115
2.5.1. Требования к проведению обслуживания машин .....	115
2.5.2. Производственная база ТО .....	117
2.5.3. Технологические принципы и организация проведения ТО .....	118
2.5.4. Технические средства для проведения ТО .....	119

Раздел 3. Обеспечение эксплуатационными материалами.....	122
3.1. Обеспечение парка машин топливом и смазочными материалами.....	122
3.1.1. Источники энергии для тяговых и транспортных средств .....	122
3.1.2. Потери топлив и смазочных материалов .....	124
3.1.3. Снижение количественных потерь топлива .....	126
3.1.4. Снижение качественных потерь топлива.....	130
3.2. Перевод ДВС на альтернативные виды топлива .....	132
3.3. Снижение расхода смазочных материалов .....	134
3.3.1. Потери смазочных материалов .....	134
3.3.2. Пути сокращения расхода смазочных материалов .....	134
Библиографический список .....	137

## **ВВЕДЕНИЕ**

Один из наиболее действенных путей увеличения производительности общественного труда – повышение качества продукции. Производство продукции высокого качества возмещает ее количество при значительно меньших затратах труда и средств.

В повышении качества продукции машиностроения важное место отводится энергоустановкам – двигателям внутреннего сгорания (ДВС), являющимся наиболее массовым энергетическим средством различных машин и механизмов и во многом определяющим их надежность и эффективность работы.

Требования к энергоустановкам (ДВС), установленным на мобильных объектах: эффективность функционирования в составе автомобиля, трактора и других машин, обеспечение безопасности выполнения работ, минимальное отрицательное воздействие на человека и окружающую среду, минимизация расхода эксплуатационных материалов и энергии в процессе эксплуатации.

Работы по дальнейшему повышению надежности двигателей, их безотказности и долговечности должны вестись за счет обеспечения равнопрочности деталей и узлов (в крайнем случае, кратности ресурса по отношению к базовым деталям повышенной долговечности).

Эти задачи решаются путем совершенствования конструкции и технологии изготовления двигателей, повышения качества применяемых материалов и изделий смежных производств, совершенствования мероприятий в сфере эксплуатации и ремонта.

Высокая надежность двигателей дает большой экономический эффект в народном хозяйстве за счет сокращения простоев техники, увеличения производительности машин, снижения затрат на ремонты, уменьшения потребности в запасных частях. Увеличение моторесурса двигателей равноценно увеличению их выпуска.

В связи с этим цель дисциплины «Эксплуатация ДВС» – формирование знаний и практических навыков по анализу, синтезу и высокоэффективному

использованию ДВС для применения в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях.

Главная задача дисциплины как инженерной науки – разработка методов:

- высокоэффективного использования ДВС на предприятиях (подразделениях) применительно к природно-климатическим и производственным условиям;
- обеспечения работоспособности и функционирования техники;
- обеспечения топливной экономичности двигателей в различных производственных условиях;
- снижения негативного влияния процесса работы двигателей на человека и окружающую среду.



## **Раздел 1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ**

### **1.1. Энергетика в использовании техники по назначению**

**Эксплуатация машин отражает три аспекта** – использование их по назначению, поддержание в работоспособном состоянии и обеспечение функционирования.

Первый аспект – использование по назначению – подразумевает организационные мероприятия по обеспечению эффективного применения машин.

Второй – поддержание в работоспособном состоянии – обеспечение работоспособности путем технического обслуживания и хранения машин.

Третий – обеспечение функционирования – обеспечение эксплуатационными материалами (ТСМ, запчасти и другое).

Для обеспечения функционирования машин на первом месте стоит вопрос энергообеспечения. Источником энергии для мобильной техники в основном являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

#### **1.1.1. Место ДВС в общей системе энергообеспечения**

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) нашли применение в большинстве отраслей народного хозяйства, и в первую очередь на автотранспорте.

На автомобильные ДВС приходится около 25 % общего количества потребляемой энергии, хотя КПД их невысок и находится в пределах:

- тихоходные дизели – 32...39 %, возможный – 35...41 %;
- быстроходные дизели – 32...41 %, возможный – 36...43 %;
- дизели с наддувом – 42...45 %, возможный – 48...50 %;
- карбюраторные ДВС – 25...30 %, возможный – 28...32 %.

Теоретически максимальный КПД бензиновых ДВС около 58 %, дизелей – 64 %.

При таком распространении автомобильные ДВС являются основными загрязнителями воздуха. Загрязнения от их использования составляют около 60 % общего количества всех видов загрязнений.

Источником энергии для ДВС в 20 веке и в начале 21 века в основном являлись и являются продукты нефти. Если в 1910 году в мировом энергетическом балансе нефть составляла 3 % (65 % – уголь), то в 1990 году – 38 %. Природный газ составлял в 1935 году 3 %, а к концу 20 века – 24 %. Тот и другой энергоноситель используется в настоящее время ДВС. Эти энергоресурсы обеспечивают 60 % общемирового потребления. В России они составляют 70 %.

Годовой объем производства энергоресурсов на душу населения в России составляет 6,3 тонны условного топлива. В связи со значительным экспортом (это треть добываемых ресурсов) потребление внутри страны составляет 4,2 тонны условного топлива. По прогнозу СО РАН РФ (2000 г.) разведанные запасы при текущих темпах добычи в мире обеспеченность составляла по нефти 37 лет, по газу 63 года, по углю более 250 лет.

В первые десятилетия текущего века роль нефти в мире определяющая, а далее возрастет роль угля, атомной энергии, энергии биомассы и других источников. В перспективе следует ожидать падения производства в связи с ростом цен на энергоресурсы и активным поиском альтернативных источников и энергосберегающих технологий.

Цена на энергетические ресурсы тем больше, чем выше их энергосодержание и качество.

На мировом рынке в расчете на тонну условного топлива наибольшую цену имеет нефть. На 15–20 % меньше цена на природный газ. На эффективность использования энергоресурсов значительное влияние оказывают операции по доставке продуктов – эффективность транспортных средств. Основные характеристики включают производительность и экономичность.

Производительность транспортных средств за час ( $W_{\text{ч}}$ )

$$W_{\text{ч}} = V_{\text{р}} \cdot M, \text{ т-км/ч}, \quad (1.1)$$

где  $V_{\text{р}}$  – скорость движения, км/ч;  $M$  – масса перевозимого груза, т.

Экономичность транспортных средств

$$g = \frac{G_{\text{т}}}{W_{\text{ч}}}, \text{ кг/т-км}, \quad (1.2)$$

где  $G_{\text{т}}$  – часовой расход топлива, кг/ч.

Производительность автотранспорта 100...1500 т-км/ч, параметр экономичности 0,5...1,0 кг/(т·ч). Для сравнения характеристики железнодорожного транспорта: 4000...6000 т-км/ч и 1,2...1,6 кг/(т·ч) соответственно.

Наибольшее число ДВС в стране и мире установлено на автотранспортных средствах. Мировой парк АТС насчитывает 140 млн грузовых и 460 млн легковых автомобилей и автобусов. В мире на 1000 человек приходится 100 единиц АТС, в России – 190 ед. Для примера, в США приходится около 800 единиц на 1000 человек. Суммарная мощность авомобильных двигателей составляет 20...25 млрд кВт, а вырабатываемая ими энергия 30 триллионов кВт-ч/год. Это составляет четвертую часть всего объема энергии, осваиваемого человечеством.

В России зарегистрировано свыше 30 млн АТС. Общий объем перевозок составляет 19 млн тонн (с услугами зарубежных фирм). Протяженность автодорог свыше 900 000 км, 10 % из них грунтовые, а треть имеют гравийное, шлаковое или булыжное покрытие. Плотность автодорог общего пользования составляет 25 км на 1000 квадратных километров (в США – 800, в Западной Европе – 1000 км).

По прогнозу развития транспорта в России за 20 лет (с 2000 до 2020 г.) потребление моторного топлива возрастет с 19 до 37 млн тонн пассажирским транспортом и с 48 до 83 млн тонн – грузовым. Внутри страны на рынке грузовых автоперевозок работают около 2 млн АТС. В среднем объем перевозок одного грузовика около 2 200 тонн в год, а грузооборот – 53 000 т-км. Среднесуточный пробег – 24 км.

Энергетика – система суперсложная, которая включает и компонент ДВС, представляющий динамическую систему с множеством элементов, в том числе и с хозяйственным комплексом государства.

В связи с тем, что ДВС преимущественно принадлежит к транспортной составляющей энергетики, обладающей указанными особенностями (динамичность, множество элементов с их связями и др.), – является **логистической системой**.

**Логистика** – дисциплина, целью которой является оптимальное управление материальными, совокупными информационными и финансовыми потоками от их возникновения в виде сырья до поглощения в виде конечного продукта. ДВС является заключительным этапом в **логистическом** канале.

Сам же процесс энергопотока по логистическому каналу можно представить в виде диаграммы (рис. 1.1)<sup>1</sup>. Котиков Ю. Г. Транспортная энергетика / Ю. Г. Котиков, В. Н. Ложкин. М. : ACADEMIA, 2006.



Рис. 1.1. Диаграмма энергетического потока (нефтяное топливо)  
до утилизации в ДВС

Верхний ряд – сфера деятельности. Она делится на пять полос ответственности хозяйственных комплексов от выработки до утилизации. Информация о сферах деятельности располагается «послойно», в зависимости от полос ответственности хозяйственных комплексов.

<sup>1</sup> Котиков Ю. Г. Транспортная энергетика / Ю. Г. Котиков, В. Н. Ложкин. М. : ACADEMIA, 2006.

Логистический и другие подходы интегрируются для решения проблем моделирования, проектирования, анализа и сопровождения сложных распределительных систем. Критерии оптимизации могут быть в виде суммарных затрат по логистической системе, корпоративной прибыли и других показателей.

### **1.1.2. Научно-технические проблемы и задачи энергетики**

Эффективность реализации энергии, в том числе и ДВС, существенно сказывается на эффективности использования технических средств, применяющих энергоустановки, и в первую очередь на эффективности перевозок.

На данном этапе развития техники необходим для рассмотрения ряд проблем.

А. Развитие теоретических основ рабочих процессов в совершенствовании организации сгорания жидкого и газообразного топлива в традиционных двигателях, разработка вопросов применения альтернативных моторных топлив, совершенствование методов снижения уровня загрязнения окружающей среды и др.

Б. Совершенствование потребителей энергии по снижению удельной массы элементов техники, особенно на транспорте, повышению удельной мощности ДВС и КПД энергосиловых элементов и др.

В. Автоматизация и оптимизация управления энергосиловыми элементами с учетом условий работы энергоустановок и систем в целом, настройки машин на основной режим работы, обеспечение грамотного управления ими.

Г. Энергоснабжение технических систем и предприятий с обеспечением экономии энергоресурсов в соответствии с распределительной логистикой и оценкой энергоемкости продукции.

Д. Защита окружающей среды и здоровья людей за счет снижения дымности ДВС, снижения токсичности отработанных газов, обеспечения экологической безопасности использования моторных топлив, контроля качества и расходования топливо-смазочных материалов (ТСМ).

Е. Повышение экономичности рабочего процесса энергоустановок за счет рационального управления машиной и ее технологическим обслуживанием, использования логистических методов применения техники, совершенствования конструкции машин для конкретных условий работы, поддержания машин в исправном состоянии.

Ж. Для транспортных средств – развитие дорожной сети и оптимизация управления автотранспортными потоками.

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные аспекты эксплуатации машин.
2. Место ДВС в энергообеспечении производства.
3. В чем состоит логистический подход в вопросах совершенствования системы энергообеспечения?
4. Проблемы энергетики, связанные с повышением эффективности технических средств по производству энергии и ее реализации.

## **1.2. Факторы, влияющие на техническое состояние и эксплуатационные свойства двигателей**

Одними из основных технико-экономических факторов двигателя являются надежность и долговечность. Долговечность характеризуется сроком службы и ресурсом. На ресурс же в свою очередь влияют многие факторы. В том числе:

- природно-климатические условия;
- режим работы двигателей (машин, на которых установлены ДВС);
- качество расходных материалов (рабочая смесь, смазочные материалы, технические жидкости) и другие факторы.

### **1.2.1. Природно-климатические факторы**

Эти факторы сопровождают ДВС на протяжении всего периода эксплуатации. Они характеризуются температурой окружающего воздуха, атмосферным давлением, скоростью потоков воздуха, количеством атмосферных осадков, продолжительностью зимнего периода и др.

В свою очередь, температурный режим оценивается статистическими характеристиками:

- закон распределения температур;
- средняя годовая температура и ее отклонения (min, max и др.);
- средняя температура самого жаркого и самого холодного месяцев года;
- средняя продолжительность периода с определенными температурами (например ниже 10 °С, ниже минус 40 °С и др.).

Многие показатели климатических факторов взаимосвязаны. Количество дней со снежным покровом коррелируется со среднегодовой температурой воздуха зависимостью

$$D_c = 263 - 10t_b, \quad (1.3)$$

где  $D_c$  – количество дней в году со снежным покровом,  $t_b$  – температура воздуха среднегодовая, °С.

Основными климатическими факторами, оказывающими влияние на режимы работы ДВС, являются средняя годовая температура воздуха, его влажность и колебания температуры.

Средняя годовая температура воздуха, которая имеет широкий диапазон для страны: от плюс 16,8 °С – климат очень жаркий и сухой; до минус 16,6 °С – климат очень холодный,

Средняя влажность воздуха изменяется от 20 % – климат жаркий и сухой до 80 % – умеренно влажный и более 80 % – влажный.

Внутри одного климатического района колебания температуры определяют так: от плюс 30 до минус 60 °С – климат очень холодный (Якутск); от плюс 30 до минус 50 °С – климат холодный (Салехард); от плюс 30 до минус 30 °С – климат умеренный (Екатеринбург).

Климатические факторы учитываются в первую очередь в расчете норм амортизационных отчислений. Здесь выделяются районы крайнего Севера и местности, приравненные к нему, пустынно-песчаные и высокогорные районы.

Для этих районов нормативный срок службы уменьшен на 30 %, норма амортизации на 30 % увеличена. Для остальных районов применяется основная норма амортизации.

В расчете норм эксплуатационного расхода топлива выделены следующие районы: южные, увеличение зимней надбавки – 5 %; для районов с умеренным климатом – увеличение на 10 %; для северных – 15 %; для Крайнего Севера и местностей, приравненных к нему – 20 %.

Отдельно выделены горные местности. Для них установлено увеличение основной нормы от 5 до 10 % в зависимости от высоты над уровнем моря.

В нормах периодичности технического обслуживания (ТО) учитывается степень переменного характера природно-климатических факторов. Учитываются эти факторы и в нормативах пробега до капитального ремонта автомобиля, трудоемкости текущего ремонта и расхода запасных частей. ГОСТом 16350-80 определены значения коэффициентов корректирования для автомобилей.



Недостатком в установленных нормативах является то, что все нормативы не учитывают модели и марки машин, типаж двигателей и другие особенности. На практике же многообразие машин имеет разную приспособленность к условиям эксплуатации и в первую очередь ДВС.

Надежная работа ДВС и его ресурс связаны с поддержанием оптимальной температуры двигателя, его узлов и систем. При эксплуатации ДВС автомобилей и тракторов при повышенных температурах и запыленности наблюдается загрязнение системы охлаждения с образованием слоя накипи на охлаждаемых поверхностях. Это приводит к перегреву двигателя, к местному перегреву трущихся поверхностей, появлению трещин, задиру деталей ЦПГ.

Скорость коррозии металла в системе охлаждения неработающего ДВС в 1,8 раза, а в работающем в 25 раз больше, чем в воде при комнатной температуре (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Скорость коррозии в сутки, г/м<sup>2</sup>

Металл	В системе охлаждения ДВС		В воде при 20 °С
	работающего	неработающего	
Чугун	17,0	1,2	0,73
Сталь	17,0	1,2	0,7
Латунь	0,7	—	—

Для охлаждения ДВС применение всесезонной охлаждающей жидкости, которая обладает антикоррозионными свойствами, позволяет избегать указанных неприятностей. Однако следует отметить, что всесезонные жидкости имеют меньшую теплопроводность по сравнению с водой. В результате отвод тепла ухудшается и температура деталей ЦПГ увеличивается (поршня на 10...20 °С). При использовании тосола и других жидкостей необходимо увеличивать скорость их прокачки, на что тратится дополнительная энергия.

В условиях жаркого климата при работе двигателя температура бензонасоса на 20...30 градусов выше температуры окружающего воздуха, отчего снижается надежность из-за образования паровых пробок (бензиновый двигатель).

Забор воздуха в жаркую погоду не из моторного отсека, а снаружи – более холодного – повышает на 8 % топливную экономичность двигателя автомобиля ЗИЛ-130. У двигателей ЯМЗ при увеличении температуры топлива в головке насоса высокого давления на 10 градусов снижается мощность и на 2 % часовой расход топлива.

Около 10 % от общего износа цилиндров ДВС автомобиля при эксплуатации в средней полосе и 20 % на Крайнем Севере связано с пусками их при низкой температуре (для старых двигателей данные достигают до 50...75 % по причине низких вязкостнотемпературных свойств).

Приравнивают износ за один пуск при температуре минус 30 градусов к восьмичасовой работе ДВС при нормальных условиях. Повышенный износ ЦПГ при холодных пусках вызывается задержкой поступления масла к трущимся поверхностям.

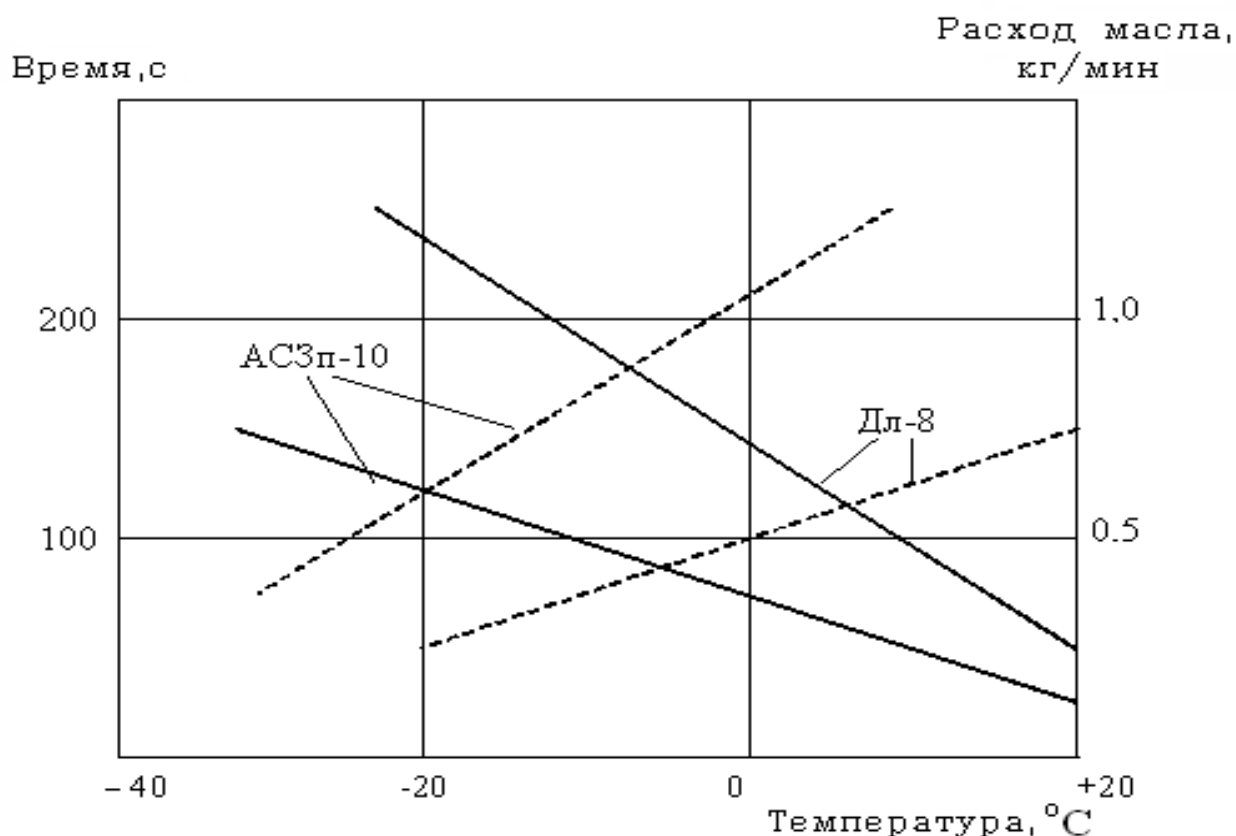


Рис. 1.2. Изменение времени (— задержки поступления и ---- расхода масел через гильзы цилиндров) в зависимости от температуры при пуске дизельного двигателя ЯМЗ-238

Изменение времени задержки поступления масел и расхода через цилиндры гильзы в зависимости от температуры пуска ЯМЗ-238 представлены на рис. 1.2.

Пути снижения износа при пуске холодных ДВС включают применение масел с пологой вязкостнотемпературной зависимостью, прогрев двигателя перед пуском, разжижение масла топливом, быстрый прогрев после пуска, совершенствование системы смазки с целью ускорения подачи масла к трущимся поверхностям и другие пути.

### **1.2.2. Режимы работы двигателей**

Работа ДВС, особенно установленных на автомобилях, тракторах и других мобильных машинах, характеризуется стохастическими режимами работы. Колебания режимов работы двигателей связаны с условиями работы самих машин. В том числе на автомобилях сказываются дорожные условия: покрытия дорог, состояние покрытий, профиль в продольном направлении, интенсивность движения, частота остановок и другие факторы. Для тракторов факторами колебания режимов являются вид работ, нестабильность обрабатываемого материала, рельеф местности и другие.

Нестабильные условия работы вызывают колебания крутящего момента и частоты вращения на коленчатом валу, повышенный расход топлива, увеличение износа трущихся поверхностей и снижение ресурса.

Работа двигателя в условиях эксплуатации автомобиля и других машин характеризуется почти непрерывным изменением крутящего момента и частоты вращения коленчатого вала. Характер и непостоянство режимов работы двигателя обусловлены назначением машины, климатическими условиями эксплуатации, индивидуальными особенностями оператора, эксплуатационными регулировками двигателя и другими факторами.

Для автомобиля эксплуатационный режим работы двигателя определяется комплексом тепловых, нагрузочных и скоростных режимов, формируе-

мых режимами холостого хода, разгона, движения с постоянной скоростью и торможения. Неустановившийся режим работы двигателя при этом составляет до 97 % в условиях городского движения, 90...95 % при движении по грунтовым дорогам и 30...35 % времени движения на автомагистралях.

Используемая мощность двигателя при этом в большинстве случаев находится в пределах 13...78 % от номинальной.

В зависимости от условий эксплуатации автомобиля на каждые 1000 км пробега приходится от 30 до 500 пусков и остановок двигателя. При неустановившихся нагрузочных и скоростных режимах работы двигателей в сравнении с установившимися режимами расход топлива возрастает на 5...7 %.

Неустановившийся режим работы ДВС имеет место на режимах принудительного холостого хода и торможения двигателем. В условиях городского движения эти режимы доходят до 15...20 % от общего времени движения. При этом наблюдаются высокие частоты вращения коленчатого вала при минимальной подаче топлива. Такой режим связан со значительной токсичностью отработавших газов, и его желательно по возможности сокращать.

Испытания при низкой температуре охлаждающей жидкости и масла показали, что износ цилиндров ДВС, нагруженных всего на 10...15 % от максимальной мощности, имеет большие значения, чем при нагрузке его на 70...80 % (при оптимальной температуре). Совместное увеличение нагрузок и скоростей в значительной мере изменяет тепловой режим двигателя и в целом повышает износ его деталей. Установлено, что скоростной режим работы двигателя на общий его износ оказывает большее влияние, чем режим повышенных нагрузок.

При неустановившихся режимах возможно возникновение детонации. Детонация в бензиновых двигателях возникает обычно при 100 %-й нагрузке и частоте вращения коленчатого вала, близкой к значениям частоты при максимальном крутящем моменте. При детонации резко увеличиваются местные температуры, способствующие износу ЦПГ.

### 1.2.3. Качество расходных материалов

Основными расходными материалами для ДВС являются топливо, воздух, масла и консистентные смазки, технические жидкости.

Результаты исследований показывают, что **запыленность воздуха**, потребляемого двигателем для образования горючей смеси, колеблется в пределах от 0,0003 до 1,4 г/м<sup>3</sup>. Степень запыленности зависит от времени года, типа дорожного покрытия для транспорта, погодных условий, высоты забора воздуха от поверхности движения, конструктивных особенностей расположения двигателя и его защиты, других факторов.

Основные составляющие пыли – окислы кремния, железа, алюминия и других элементов. До 80 % содержания по весу частиц пыли, поступающей к воздухоочистителю, имеют размеры до 30 мкм. От 50 до 90 % в массе пыли содержат кварц. Он отличается тем, что твердость его превышает твердость материалов, из которых изготовлены детали двигателя. В связи с этим имеет место абразивное изнашивание. Опыт показывает, что 150 граммов пыли достаточно для полного износа ЦПГ ДВС.

От поступления в двигатель пыли износ двигателя ЗИЛ-130 составляет 33,8...68,9 % от общего эксплуатационного износа.

**В топливе** при доставке, хранении и отпуске (заправке машин) накапливаются загрязняющие примеси. Из органических – асфальтосмолистые продукты, и неорганические – пыль, продукты коррозии, износа перекачивающих средств. При загрязнении имеет место корреляционная зависимость между составом загрязняющих примесей и запыленностью воздуха.

В зависимости от запыленности окружающего воздуха и сезона эксплуатации в баках автомобилей находится от нескольких граммов до 200...300 грамм пылевидных частиц на тонну топлива. В дизельном топливе содержание примесей колеблется от 50 до 400 г/т. В сильно запыленных условиях содержание примесей к моменту выработки топлива увеличивается в 2...3 раза по сравнению с содержанием при заправке. В пробах из баков тракторов обнаруживали свыше 2,5 грамм примесей в 1 литре топлива.

Размеры частиц в дизельном топливе и бензине не превышают 50 мкм. Основное количество частиц имеет размеры около 5 мкм.

Значительное место в порче топлива занимает его обводнение в результате конденсации паров воды на стенках емкостей при колебаниях температуры.

**Загрязнение масла** в работающем двигателе происходит за счет органических и неорганических примесей. Органические состоят в основном из продуктов неполного сгорания топлива, попадающего из камеры сгорания, воды, соединений серы и свинца. Неорганические примеси представляют собой пылевидные частицы, частицы износа деталей и другие.

Примеси попадают в масло при его транспортировке, хранении, заправке. В свежих маслах, при заправке их в двигатель, примеси достигают 0,23 %, основная часть которых состоит из некачественных (выпавших) присадок. Скорость загрязнения представлена в табл. 1.2.

Таблица 1.2.

Средняя скорость загрязнения масла

Тип двигателя	Средняя скорость	
	мг/л.с.·ч	мг/л.с.·км
1. Дизели четырехтактные		
– автомобильные	45	1,5
– тракторные	50	–
2. Дизели двухтактные	70	2,3
3. Карбюраторные ДВС автомобилей:		
– легковых	15	0,3
– грузовых	20	0,7
4. Газовые ДВС	4	0,14

Существенное значение в загрязнении масел имеют присадки. В работающих маслах с присадками доля неорганических примесей зачастую превосходит долю органических. При этом неорганические примеси в маслах с присадками состоят в основном из зольных частиц присадки, которые могут способствовать абразивному изнашиванию. Учитывая это, при использовании зольных присадок, да еще малостабильных, должны повышаться требования к эффективности очистки масла.

Размеры частиц примесей в масле составляют 0,5...2 мкм. В работавших маслах без присадок загрязнение состоит из органических частиц (до 92 % состава).

Неорганические примеси имеют высокую степень дисперсности, так как они проникают через воздухоочиститель и подвергаются многократному дроблению в трущихся парах.

Таблица 1.3

Состав загрязняющих примесей в работавшем масле (% по весу)

Загрязняющие примеси	Карбюрат. ДВС	Дизели	Газовые ДВС
Асфальтены	$\frac{3...15}{6...30}$	$\frac{2...8}{3...10}$	$\frac{10...22}{18...37}$
Карбены, карбоиды, сажа	$\frac{20...64}{38...85}$	$\frac{56...62}{80...90}$	$\frac{10...18}{17...28}$
Несгораемые	$\frac{30...68}{10...31}$	$\frac{20...52}{4...13}$	$\frac{55...85}{42...58}$

*Примечание.* В числителе – масло с присадками, в знаменателе – без присадок.

Под действием асфальтослоистых продуктов и попадания в масло воды большинство частиц укрупняются (коагуляция), выпадают в осадок и образуют на деталях отложения. Применение в маслах моюще-диспергирующих присадок примеси размельчаются на мелкие взвешенные частицы вплоть до полного растворения (солюбилизации) органических частиц.

Все вышеуказанное связано с надежностью и долговечностью ДВС, технико-экономическими показателями машин, на которых они установлены, себестоимостью продукции, в производстве которой они участвуют, и услуг, которые оказывают предприятия другим предприятиям и частным потребителям этих услуг.

### ***Контрольные вопросы***

1. Климатические факторы, влияющие на эффективность использования ДВС.
2. Нормы эксплуатационного расхода топлива в связи с природно-климатическими условиями работы ДВС.
3. Влияние температуры окружающего воздуха на состояние ДВС.
4. Связь режимов работы двигателей с условиями работы машин.
5. Запыленность воздуха, потребляемого двигателем, и его износ.
6. Влияние эксплуатационных факторов на эффективность присадок в смазывающих материалах.



## 1.3. Эксплуатационные свойства ДВС

### 1.3.1. Основные эксплуатационные показатели дизельного двигателя

Основными эксплуатационными показателями дизельного двигателя являются:

- эффективная мощность,  $N_e$ , кВт (л.с);
- крутящий момент,  $M_{дв}$ , кН·м;
- массовый часовой расход топлива,  $G_T$ , кг/ч;
- удельный расход топлива,  $g_e$ , г/кВт·ч;
- частота вращения вала двигателя,  $n$ , об/мин;

Все эти показатели снимаются на тормозных стендах ( $n$ ,  $M_{дв}$ ,  $G_T$ ) и рассчитываются по результатам испытаний ( $N_e$ ,  $g_e$ );

Эффективная мощность двигателя

$$N_e = 0,105 M_{дв} \cdot n, \text{ кВт}, \quad (1.2)$$

где  $M_{дв}$  – крутящий момент двигателя, кН·м;  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин.

Удельный расход топлива

$$g_e = \frac{1000 \cdot G_T}{N_e}, \text{ г/кВт·ч}, \quad (1.3)$$

где  $G_T$  – массовый часовой расход топлива, кг/ч.

Полную характеристику эксплуатационных показателей двигателя дает регуляторная его характеристика.

Для оценки эксплуатационных показателей двигателя удобно пользоваться характеристикой показателей в функции частоты вращения вала двигателя (скоростная характеристика). Соотношение этих показателей наглядно видно на скоростной характеристике дизельного двигателя с всережимным регулятором (рис. 1.3).

График показывает, что двигателю можно задать множество скоростных режимов работы путем изменения подачи топлива. При этом изменяется характеристика двигателя.

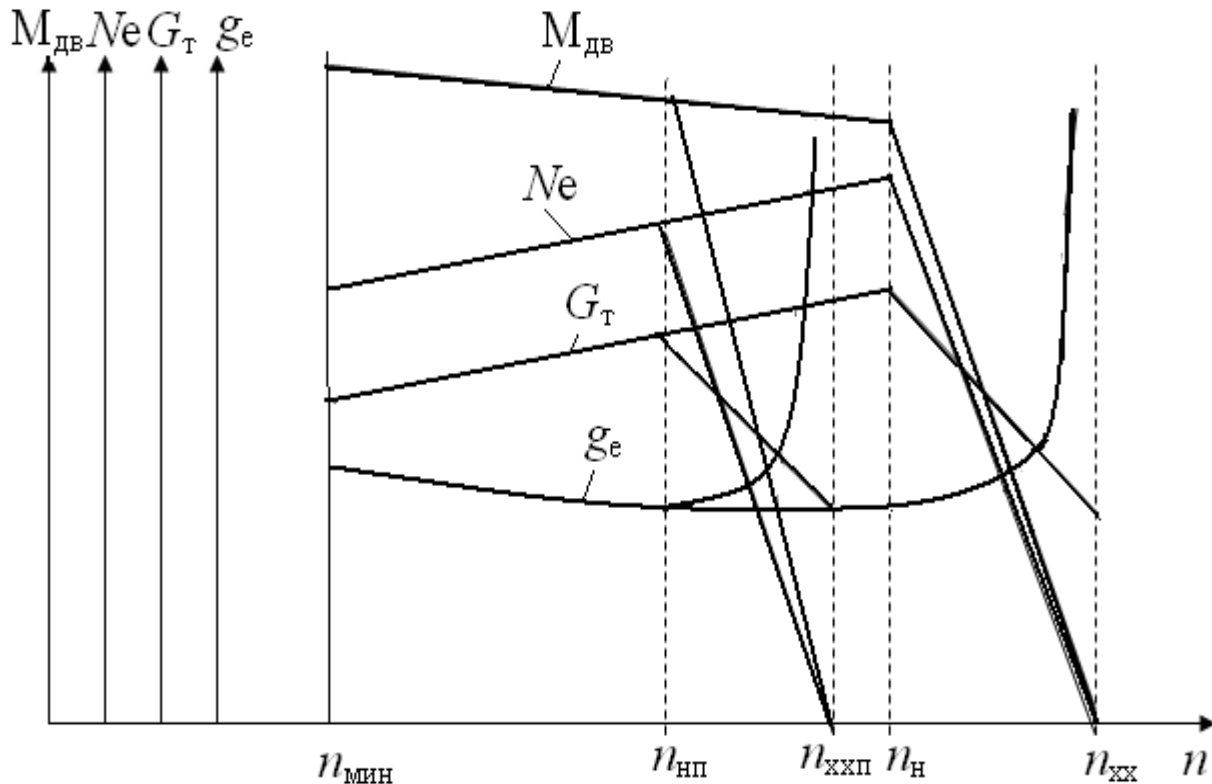


Рис. 1.3. Регуляторная характеристика двигателя с промежуточным режимом:

$n_n$  и  $n_{хх}$  — частота вращения номинальная и холостого хода, соответствующая нормальному скоростному режиму;  $n_{нп}$  и  $n_{ххп}$  — частота вращения, соответствующая пониженному скоростному режиму

Каждому режиму будут соответствовать свои номинальные значения показателей. Методика построения характеристики на промежуточных режимах следующая.

Задается значение частоты вращения вала двигателя на холостом ходу пониженного скоростного режима —  $n_{ххп}$  (устанавливается акселератором).

Номинальную частоту вращения на пониженном скоростном режиме можно определить так:

$$n_{нп} = n_n - 1,08(n_{хх} - n_{ххп}). \quad (1.6)$$

Расход топлива на пониженном скоростном режиме рассчитывается по формуле

$$G_{\text{тхп}} = G_{\text{тхх}} \frac{n_{\text{ххп}}}{n_{\text{хх}}}, \text{ кг/ч} \quad (1.7)$$

$$\text{и } g_{\text{еп}} = \frac{1000 G_{\text{тп}}}{N_{\text{еп}}}, \text{ г/э кВт-ч}, \quad (1.8)$$

где  $G_{\text{тп}}$  и  $N_{\text{еп}}$  – значения расхода топлива и мощности, соответствующие любой точке частоты вращения между  $n_{\text{ххп}}$  и  $n_{\text{нп}}$ .

На каких же режимах следует эксплуатировать двигатель? Этот режим близок к номинальной загрузке – при полной подаче топлива. Это может быть достигнуто расчетом и подбором состава исполнительных органов машины, на которой установлен двигатель.

Недогрузка двигателя приводит к нарушению теплового режима и повышенному износу, отложению смол и закоксовыванию ЦПГ.

Перегрузки двигателя приводят к перегреву и увеличению износа. При этом проявляется неустойчивость работы, возрастают колебания частоты вращения. Это ведет к интенсивному износу и поломкам. Работы при перегрузках и на холостом ходу следует избегать.

При недогрузке на нормальном скоростном режиме целесообразно включать повышенную передачу, если это мобильное средство, но снижать частоту вращения вала двигателя (подачу топлива).

Дать оценку реализации энергетических возможностей двигателя можно по степени использования мощности и номинального крутящего момента

$$\eta_N = \frac{N_i}{N_n}, \quad \eta_M = \frac{M_i}{M_n}, \quad (1.9)$$

где  $\eta_N$  и  $\eta_M$  – коэффициенты использования мощности и крутящего момента;  
 $N_i$  и  $M_i$  – мощность и крутящий момент, соответствующие заданной нагрузке;  
 $N_n$  и  $M_n$  – мощность и крутящий момент, соответствующие номинальной частоте вращения вала двигателя.

Связь между коэффициентами использования мощности  $\eta_N$  и крутящего момента  $\eta_M$  выражается соотношением

$$\eta_N = \eta_M \frac{n_i}{n_n}, \quad (1.10)$$

где  $n_i$  – частота вращения вала двигателя при заданной нагрузке;  $n_n$  – номинальная частота вращения (при максимальной нагрузке). При номинальной нагрузке двигателя  $n_i = n_n$ . При этом выполняется условие  $\eta_N = \eta_M$ . Если эти значения близки к единице, обеспечивается минимальный расход топлива.

Однако варьирование сил сопротивления рабочих машин вынуждает снижать степень использования мощности и крутящего момента.

Чем больше коэффициент вариации, тем меньше значения  $\eta_N$  и  $\eta_M$ . Это создает запас мощности для преодоления временных перегрузок.

Крутящий момент в любой точке приближенно можно определить:

– на регуляторной ветви

$$M_{ip} = M_n \frac{(n_{xx} - n_i)}{(n_{xx} - n_n)}, \quad (1.11)$$

– на корректорной ветви

$$M_{ik} = M_n + (M_{\max} - M_n) \frac{(n_n - n_i)}{(n_n - n_{\max})}. \quad (1.12)$$

Мощность на указанных выше участках определяется соответственно

$$N_{ip} = M_{ip} \cdot n_i \text{ и } N_{ik} = M_{ik} \cdot n_i. \quad (1.13)$$

По допустимому значению коэффициента использования крутящего момента можно определить допустимое значение частоты вращения  $n_{i\text{доп}}$  в сторону уменьшения

$$n_{i\text{доп}} = n_{xx} - \eta_{\text{мдоп}} \cdot (n_{xx} - n_n). \quad (1.14)$$

где  $\eta_{\text{мдоп}}$  – коэффициент использования крутящего момента.

Условия производства зачастую не позволяют обеспечить нормальную загрузку двигателя. В этом случае снижают подачу топлива – переводят работу двигателя на пониженный скоростной режим и включают повышенную передачу мобильного средства.

Это позволяет экономно расходовать топливо, но снижает коэффициент приспособляемости – перегрузочную способность двигателя.

Способность двигателя преодолевать перегрузки оценивается и коэффициентом приспособляемости двигателя по крутящему моменту  $K_{прм}$  и по частоте вращения  $K_n$ :

$$K_{пр} = \frac{M_{дв\ max}}{M_{дв\ н}}, \quad K_n = \frac{n_n}{n_{Мдв\ max}}, \quad (1.15)$$

где  $M_{max}$  – максимальный крутящий момент;  $n_{max}$  – частота вращения квд при максимальном крутящем моменте.

Для тракторных дизельных двигателей первый находится в пределах 1,05...1,2; второй – 1,3...1,6.

А степень неравномерности регулятора

$$\Delta = \frac{n_{xx} - n_n}{n_{cp}} = \frac{2(n_{xx} - n_n)}{n_{xx} + n_n}. \quad (1.16)$$

Коэффициент уменьшения частоты вращения квд

$$K_{уч} = \frac{n_{мин}}{n_n}. \quad (1.17)$$

### 1.3.2. Выбор рациональных режимов работы двигателя.

#### Оценка экономичности работы двигателя

Вероятностный характер изменения сопротивления рабочих машин, на которых установлен двигатель, вызывает изменение сил сопротивления на валу двигателя. Эти варьирования подчинены закону нормального распределения. При этом рост варьирования приводит к снижению частоты вращения и мощности двигателя, росту удельного расхода топлива.

Рекомендации по оптимизации степени загрузки двигателя основаны на экспериментальных исследованиях, так как в процессе взаимосвязаны многие факторы, функциональная взаимозависимость которых не определена.

Оптимальные значения степени загрузки двигателей по коэффициенту использования номинального крутящего момента в зависимости от коэффициента вариации сил сопротивления приведены в табл. 1.4.

При оптимальном значении коэффициента загрузки  $\eta_{\text{мд}}$  можно рассчитать оптимальную частоту вращения вала двигателя (рассмотрено выше). Контролируя показания тахоспидометра (например, трактора) можно установить оптимальную степень загрузки двигателя.

Автоматизация процесса поддержания оптимальной степени загрузки двигателя в условиях варьирования внешних сил сопротивления позволит подняться на новую ступень развития науки и практики по повышению производительности рабочих машин и агрегатов, рациональному использованию энергии.

Таблица 1.4

Оптимальные значения коэффициента использования  
номинального крутящего момента

Двигатель	$\eta_{\text{моптим}}$ , при варьировании нагрузки		
	$v_{\text{м}} = 10 \%$	$v_{\text{м}} = 20 \%$	$v_{\text{м}} = 30 \%$
Д-240	0,966	0,926	0,884
СМД-60	0,978	0,948	0,913
СМД-62	0,979	0,952	0,919
ЯМЗ-240	0,973	0,840	0,904

Экономический КПД двигателя

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{3600 \cdot 1000}{g_e \cdot H_{\text{н}}}, \quad (1.18)$$

где  $H_{\text{н}}$  – низшая теплотворная способность топлива (для дизельного  $H_{\text{н}} = 41690$  кДж/кг);  $g_e$  – берется при номинальной частоте вращения вала двигателя.

Экономичность двигателя – зависимость удельного расхода топлива от загрузки двигателя представлена на рисунке 1.4.

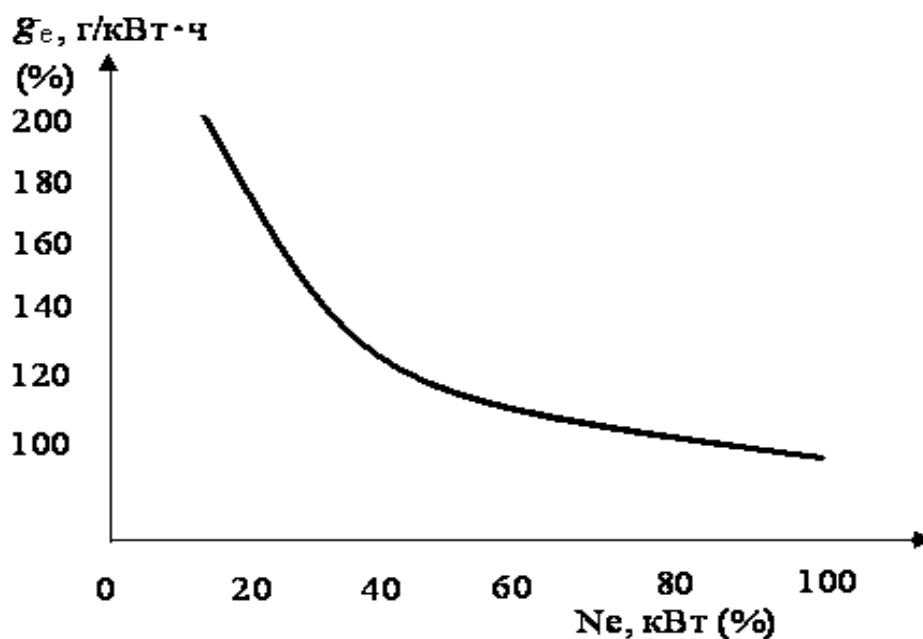


Рис. 1.4. Зависимость удельного расхода топлива от степени загрузки ДВС

### 1.3.3. Влияние атмосферных условий и технического состояния на эксплуатационные показатели ДВС

#### А. Влияние атмосферных условий

Эксплуатационные показатели зависят от температуры и влажности окружающего воздуха, атмосферного давления.

**Температура.** Отрицательное влияние низких температур на работу двигателя проявляется за счет:

- увеличения вязкости эксплуатационных материалов и в первую очередь дизельного топлива и смазочных материалов;
- снижения испаряемости бензинов;
- кристаллизации воды в бензине и углеводородов в дизельном топливе;
- повышения энергозатрат на пуск двигателя и других факторов.

Влияние высоких температур имеет место:

- через снижение наполнения цилиндров и переобогащение рабочей смеси;
- перетекание топлива через зазоры плунжерных пар и форсунок;
- ухудшение подачи топлива в камеру сгорания;
- образование паровых пробок.

**Давление.** Атмосферное давление сказывается на эффективности работы двигателя. При перепаде высоты над уровнем моря в 1 километр плотность воздуха изменяется на 9 %; коэффициент избытка воздуха в рабочей смеси « $\alpha$ » – на 5...6 %; эффективная мощность « $N_e$ » – на 12...13 %; удельный расход топлива « $g_e$ » – на 14...15 %.

### **Б. Влияние состояния двигателя**

Изменение состояния двигателя характеризуется износом сборочных единиц, увеличением зазоров в сопряжениях, отложением на сборочных единицах продуктов сгорания, окислением топлив и масел, ухудшением свойств материалов.

Расход моторесурса ДВС, износ трущихся поверхностей, нарушение регулировок приводят к ухудшению его показателей, снижению мощности и росту удельного расхода топлива.

### **В. Влияние привода вспомогательного оборудования на эксплуатационные показатели**

Затраты мощности, связанные с приводом вспомогательного оборудования в сумме значительно снижают эффективную мощность и особенно мощность тяговую (для тракторов), и мощность, реализуемую через движители транспортных средств. Вспомогательное оборудование включает компрессор, вентилятор, масляный и водяной насосы и т. д.

Момент, потребный для привода оборудования « $M_{по}$ », зависит от угловой скорости вала двигателя « $\omega$ » и описывается с достаточной точностью параболой

$$M_{по} = M_{п} + b \cdot \omega^2. \quad (1.19)$$

где  $M_{п}$  – момент, определяющий потери на трение в ЦПГ компрессора, зацеплениях, уплотнениях и подшипниках;  $b$  – коэффициент, характеризующий потери на привод вентилятора, насосов, усилителя руля и др.

Потери мощности двигателя на привод механизмов выглядят следующим образом: масляный насос – 1...1,5 %, водяной насос – 2...4 %, вентилятор – 4...8 %, генератор – 0,3...0,4 %, глушитель – 2 %, воздушный фильтр – 1...1,5 %.



Сравнительные данные по затратам мощности двигателя автомобиля КамАЗ приведены в табл. 1.5.

Суммарным затратам мощности 12,0; 27,2; 53,4 кВт отвечают значения крутящего момента, соответственно 114,6; 143,2 и 196,0 Н·м.

Задача конструкторов и изобретателей – в первую очередь обратить внимание на усовершенствование более затратных по мощности узлов и систем.

Таблица 1.5

Потери мощности двигателя автомобиля КамАЗ на привод механизмов  
(вспомогательного оборудования)

Объекты привода	Затраты мощности (кВт) при частоте вращения вала двигателя, $n_e$ , мин <sup>-1</sup>		
	1000	1800	2600
1. ТНВД	0,18	0,44	0,74
2. Насосные ходы	0,96	<b>4,7</b>	<b>13,1</b>
3. Впускная система	1,32	2,65	3,46
4. Выпускная система	0,92	1,54	2,2
5. Газораспред. механизм	1,03	<b>2,65</b>	<b>4,12</b>
6. КШМ	0,26	0,88	3,2
7. Масляный насос	0,44	0,96	1,84
8. Водяной насос	0,18	0,74	2,13
9. Генератор	1,73	1,92	2,06
10. Компрессор	0,48	0,88	1,32
11. Вентилятор	0,82	<b>3,24</b>	<b>9,93</b>
12. Насос гидроусилителя	<b>3,68</b>	<b>6,6</b>	<b>9,3</b>
Всего: – мощность, $N$ , кВт	12,0	27,2	53,4
– крутящий момент, $M$ , Н·м	114,6	143,2	196,0

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные эксплуатационные показатели дизельного двигателя.
2. Скоростные режимы дизельного двигателя.
3. Оценка степени использования мощности и номинального крутящего момента дизельного двигателя.
4. Рациональные режимы работы дизельного двигателя.
5. Оценка экономичности работы дизельного двигателя.
6. Влияние атмосферных условий на эксплуатационные показатели ДВС.
7. Влияние технического состояния на эксплуатационные показатели ДВС.
8. Влияние привода вспомогательного оборудования на эксплуатационные показатели ДВС.

## **1.4. Приспособленность двигателя к условиям эксплуатации**

### **1.4.1. Приспособленность и условия**

Эффективность использования машин определяется во многом их качеством. Качество – совокупность свойств изделия, обуславливающих пригодность его для использования по назначению. Для автомобиля это грузоподъемность, динамичность, топливная экономичность, проходимость, управляемость, комфортность и другие. Из приведенного списка свойств автомобиля, определяющих пригодность, более половины относится к двигателю. В том числе динамичность, топливная экономичность, комфортность и другие.

Под свойством следует понимать объективную особенность изделия, которая закладывается при его создании, а проявляется при его эксплуатации. При этом свойство «надежность» определяется способностью изделия (двигателя) сохранять на установленном уровне значения показателей его качества и эффективности во времени (расходе ресурса). А уровень показателей машин, на которых установлен двигатель, да и самого двигателя, зависит от условий эксплуатации.

Условия эксплуатации выявляют свойство двигателя – приспособленность к этим условиям (адаптивность).

**Приспособленность** проявляется в условиях эксплуатации. При изменении условий эксплуатации изменяются и потребительские свойства машины. Степень изменений различна для двигателей разных типов, марок и моделей. Это является проявлением различного уровня приспособленности (адаптивности). Например, снижение температуры окружающего воздуха оказывает различное влияние на расход топлива разных автомобилей с различными двигателями.

Качество нового автомобиля в стандартных (нормальных, эталонных) условиях эксплуатации характеризуют номинальные значения показателей. Стандартные факторы для автомобиля – температура воздуха плюс 20 °С; дорога прямолинейная, горизонтальная с гладким покрытием.

Номинальные значения показателей являются опорными (отправными) при назначении и корректировании нормативов, к которым относятся техническое обслуживание (ТО), ремонт, расход топлива и другие. Эти значения приводятся в нормативно-технической и конструкторской документациях.

В реальных условиях, которые часто значительно отличаются от стандартных, показатели качества не соответствуют номинальным. Это сказывается на снижении эффективности работ. При температуре воздуха минус 40 °С расход топлива у автомобилей с карбюраторным двигателем увеличивается до 20...30 %. Кроме того, на автомобиль и двигатель оказывает существенное влияние и длительность эксплуатации. Влияние условий и длительности эксплуатации на эксплуатационные показатели машин отражено на рис. 1.5.

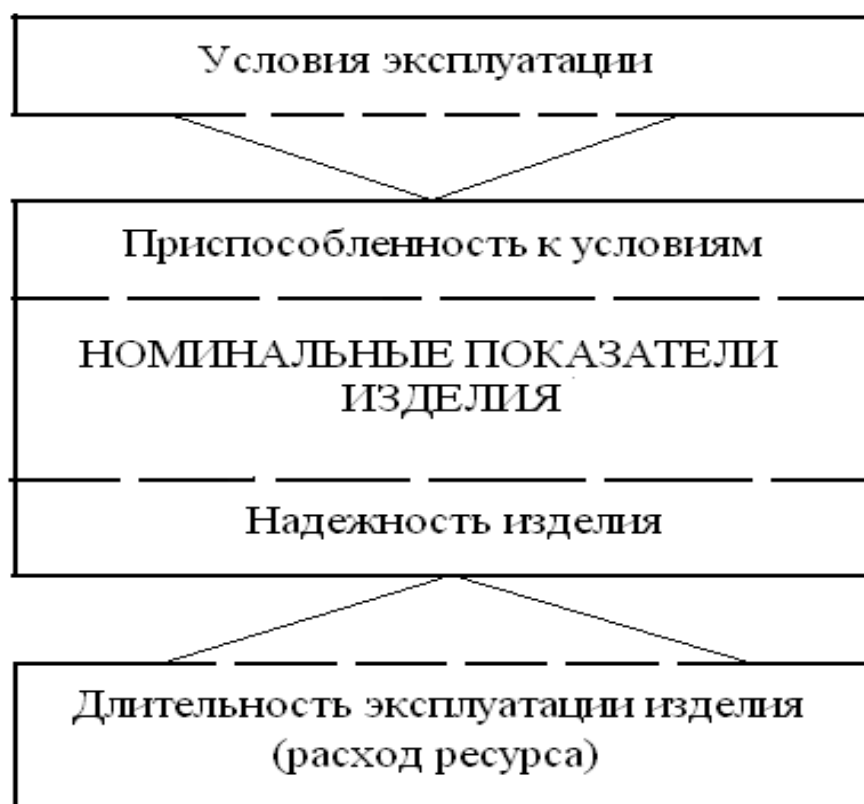


Рис. 1.5. Влияние условий и длительности эксплуатации на эксплуатационные показатели машин

Если влияние условий эксплуатации зависит от приспособленности к этим условиям, то влияние длительности зависит от надежности машины. Совокупность факторов условий эксплуатации называют факторным пространством.

Факторное пространство включает природно-климатические условия, средства облегчения запуска, организацию ремонта и обслуживания, производственно-техническую базу и другие.

Двигатели и машины в целом определенного срока службы и в определенных условиях использования характеризуются действительными показателями, которые носят название «реализуемые».

Эффективность работы машин обеспечивается реализуемыми показателями, которые иногда значительно отличаются от номинальных. Схема формирования реализуемых показателей представлена на рис. 1.6.

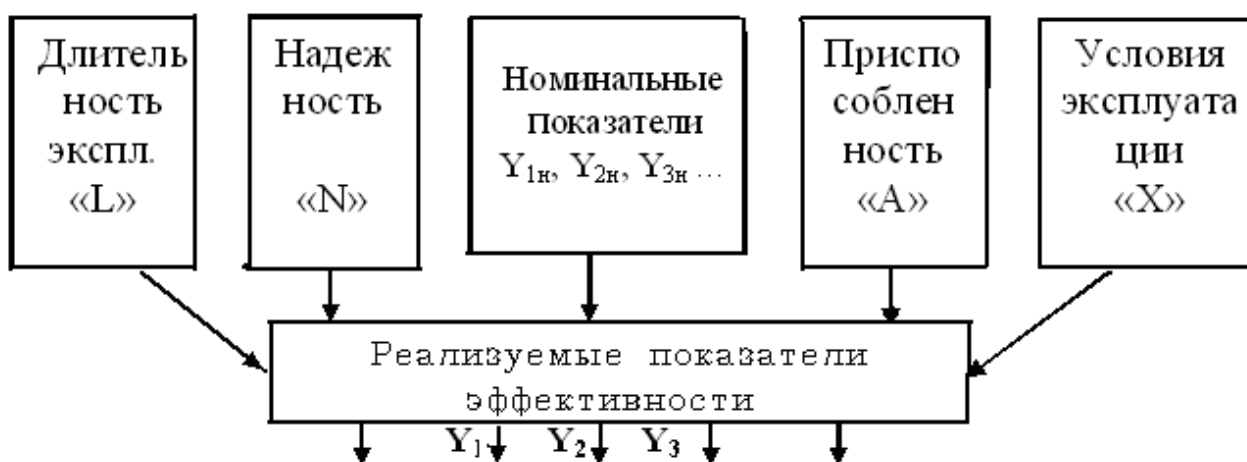


Рис. 1.6. Формирование реализуемых показателей

Общие принципы механизма формирования показателей можно представить моделью

$$Y = f(Y_n; L; N; A; X) \quad (1.20)$$

где  $Y_n$  – номинальные значения показателей;  $L$  – длительность эксплуатации;  $N$  – надежность машины;  $A$  – приспособленность машины к условиям;  $X$  – условия эксплуатации.

Рассматриваемый подход разграничивает составляющие показателя и причины его изменения. Это позволяет управлять реализуемыми показателями  $Y_1, Y_2 \dots Y_i$  при создании машины и ее использовании. Рассмотренные положения являются концепцией формирования реализуемых показателей эффективности пространственно-временной системы, которая учитывает длительность и условия эксплуатации, в результате действия которых проявляются надежность и приспособленность.

**Надежность** – сдерживающий фактор физического старения.

**Приспособленность** – сдерживающий фактор к условиям эксплуатации.

#### 1.4.2. Показатели приспособленности

Для количественной оценки приспособленности машины к условиям эксплуатации можно использовать коэффициент приспособленности и поправку на приспособленность.

**Коэффициент приспособленности** показывает во сколько раз значение показателя эффективности в данных конкретных условиях отличается от номинального значения

$$K_{\pi} = \frac{Y}{Y_n}, \quad (1.21)$$

где  $Y$  – значение показателя в данных условиях;  $Y_n$  – то же номинальное значение.

Обеспечение величины коэффициента  $K_{\pi}$ , близкой к единице, свидетельствует о высокой приспособленности машины к данным условиям эксплуатации. Имея значение коэффициента  $K_{\pi}$  для различных показателей и условий, а также номинальные значения этих показателей, легко найти значение показателя в данных конкретных условиях

$$Y = K_{\pi} \cdot Y_n. \quad (1.22)$$

Сравнивая значения коэффициента  $K_{\pi}$  различных машин (двигателей) можно сделать вывод о степени их совершенства по какому либо показателю.

В качестве примера сравнивается степень приспособленности транспортных средств ЗИЛ-130 и ГАЗ-53 к температуре минус 40 °С.

Минимальное значение расхода топлива автомобиля ЗИЛ-130 – 22 кг/100 км, ГАЗ-53 то же – 21 кг/100 км.

При температуре минус 40 °С расход составил для ЗИЛ-130 – 27 кг/100 км, а ГАЗ – 26,0 кг/100 км.

Коэффициент приспособленности  $K_{\Pi}$  для ЗИЛ-130 составил 1,23, а для ПАЗ-672 – 1,24. ЗИЛ-130 лучше приспособлен для работы при низкой температуре. По этому показателю он более совершенен.

**Поправка на приспособленность** показывает, на сколько текущее значение показателя отличается от номинального

$$\Delta Y = Y - Y_{\Pi}. \quad (1.23)$$

Отсюда текущее значение  $Y$  можно найти

$$Y = Y_{\Pi} + \Delta Y. \quad (1.24)$$

Для определения  $K_{\Pi}$  и  $\Delta Y$  при любых значениях фактора условий эксплуатации необходимо знать математическую модель приспособленности и значения входящих в нее параметров. К их числу относятся параметр приспособленности –  $\Pi_{\Pi}$  и параметр чувствительности –  $S$ .

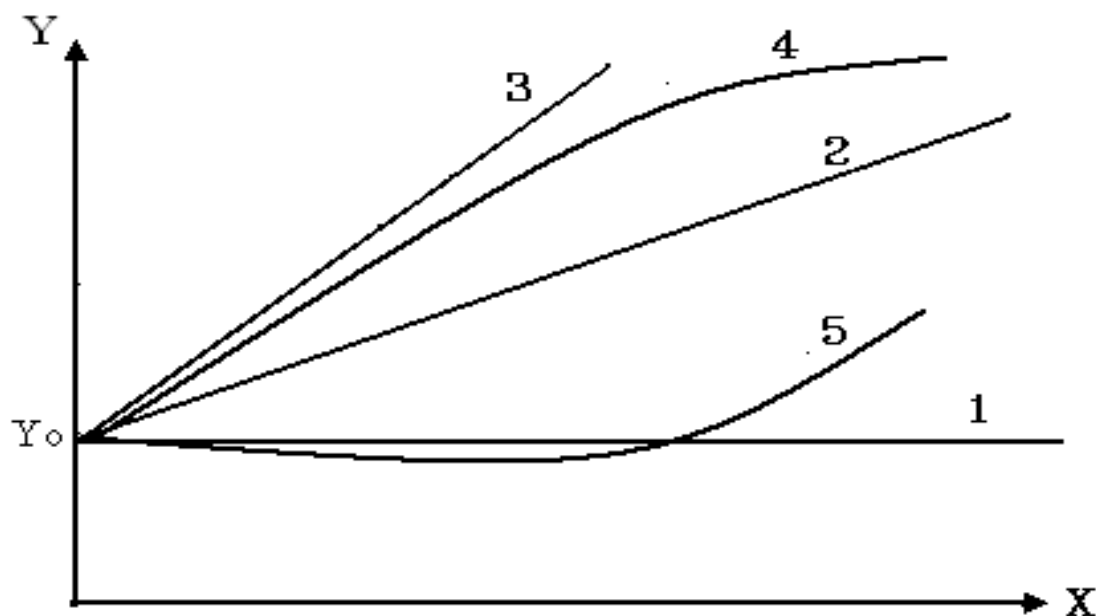


Рис. 1.7. Графическая модель зависимостей показателей

Математическая модель для приведенных зависимостей на рис. 1.7 имеет вид

$$Y = Y_0 + S \cdot X^{\Pi_{\Pi}}. \quad (1.25)$$

Здесь в качестве параметра чувствительности выступает угловой коэффициент « $S$ ». В качестве параметра приспособленности – степень переменной « $X$ » (значений фактора влияния).

Для горизонтальной прямой (1)  $S = 0$ ;  $\Pi_{\pi} = 1$ ;  $Y = Y_0$ .

Для прямой 2 и 3  $Y = Y_0 + S \cdot X^{\Pi_{\pi}}$ ;  $0 < S < \infty$ ; но  $S_2 < S_3$ ; а  $\Pi_{\pi} = 1$ ;

И  $Y = Y_0 + S \cdot X$ .

Для зависимости 4  $Y = Y_0 + S \cdot X^{\Pi_{\pi}}$ ;  $0 < \Pi_{\pi} < 1$ .

Параметр « $\Pi_{\pi}$ » для зависимости 5 –  $\Pi_{\pi} > 1$ .

### 1.4.3. Эксплуатационная технологичность машин

Техническое обслуживание машин в период эксплуатации связано с затратами труда и средств, величина которых в значительной степени зависит от их приспособленности к проведению мероприятий.

**Технологичность технических объектов** – совокупность свойств, характеризующих их приспособленность к изготовлению, эксплуатации и ремонту при заданном качестве и минимальных затратах труда, времени, средств и материалов. Различают производственную, эксплуатационную и ремонтную технологичность.

**Эксплуатационная технологичность машин** – совокупность свойств, обеспечивающих приспособленность их к техническому и технологическому обслуживанию, транспортировке, хранению, диагностированию, устранению отказов и неисправностей. Она связана с взаимозаменяемостью, унификацией, контролепригодностью, доступностью, стабильностью регулировок и др.

**Взаимозаменяемость** представляет собой способность сборочных единиц занимать свои места в машине (агрегате) без дополнительной обработки и обеспечивать ее нормальную работу. Различают взаимозаменяемость геометрическую и функциональную.

**Унификация** составных частей машин и механизмов определяется уровнем применения унифицированных сборочных единиц. Это позволяет использовать для восстановления работоспособности машин типовые изделия, технологические процессы и др.

**Контролепригодность** характеризуется наличием на объекте контроля встроенных средств (датчиков, индикаторов), указывающих состояние сбороч-



ных единиц. Среди них минимальный набор диагностических параметров, удобство подсоединения внешних приборов диагностирования, трудоемкость определения параметров и др.

**Доступность** характеризуется легкостью доступа к обслуживаемым или заменяемым объектам при ТО, диагностировании и восстановлении работоспособности.

**Стабильность регулировок** определяется периодичностью их выполнения в процессе использования машины по назначению.

Основными количественными характеристиками технологичности машин являются оперативное время выполнения операций, суммарное время ТО, трудоемкость обслуживания и другие.

**Оперативное время** – часть рабочего времени, в течение которого выполняется операция. Оно складывается из основного и вспомогательного (подготовка к ТО и другие).

**Суммарное время ТО** – время от начала обслуживания до его завершения (в том числе ожидание обслуживания, подготовка материалов, запасных частей и инструмента и другие).

**Оперативная трудоемкость ТО** складывается из трудоемкости обслуживания сборочных единиц машины. Иногда целесообразно оценивать обслуживание по видам работ (очистительно-моечные, крепежные, контрольно-регулирующие, разборочно-сборочные и другие).

Обобщающим показателем оценки приспособленности машины к ТО является **удельная оперативная трудоемкость**, которая определяется отношением трудоемкости ТО машины в целом к ее наработке. Сравнение трудоемкости ТО для разных марок машин, периодов их использования, наработки позволяет оценить технический уровень машин и определить направления по совершенствованию конструкций и технологии обслуживания.

### ***Контрольные вопросы***

1. Свойство двигателя – приспособленность к условиям эксплуатации (адаптивность).
2. Влияние условий и длительности эксплуатации на эксплуатационные показатели машин.
3. Коэффициент приспособленности машины к условиям эксплуатации.
4. Поправка на приспособленность машины к условиям эксплуатации.
5. Эксплуатационная технологичность машин (взаимозаменяемость, унификация).
6. Эксплуатационная технологичность машин (контролепригодность, доступность, стабильность регулировок).
7. Основные количественные характеристики технологичности машин.

## **1.5. Влияние условий эксплуатации на топливную экономичность**

### **1.5.1. Влияние температуры на расход топлива**

Причиной повышения расхода топлива машинами с ДВС при низких температурах является в первую очередь увеличение потребления двигателем. Причина состоит в ухудшении рабочего процесса из-за повышения плотности и роста массы забираемого воздуха. Плотность воздуха связана с повышением его вязкости, снижением испаряемости. Все это обедняет горючую смесь, горение ее менее интенсивное. Результат – неполное сгорание топлива и повышение расхода.

При низких температурах наблюдаются случаи обледенения карбюратора (диффузора), что приводит к росту расхода топлива и отказу работы двигателя. Для дизельных двигателей характерно в таких условиях запаздывание с воспламенением и неполное сгорание топлива.

Особые трудности при низких температурах связаны с запуском двигателей. В связи с этим эксплуатационники идут на условия круглосуточной работы двигателей. А это вызывает дополнительный расход топлива, износ трущихся поверхностей, сокращение ресурса. Дополнительный расход зачастую связан с прогревом двигателя после запуска.

Указанные явления у разных двигателей проявляются в разной степени. Этот факт объясняется разной приспособленностью двигателя (машины), которая зависит от компоновки машины, положения двигателя на машине, его защиты, управления потоками воздуха, систем регулирования теплового состояния. Непроизводительный расход топлива связан с количеством стоянок и остановок машины. Суммарные потери за счет стоянок (прогрев двигателя после остывания и других причин) при температуре минус 40 °С по сравнению с движением без остановок от 2,6 до 9 % в городе и 2,5 % – за городом.

Зависимость расхода топлива двигателем автомобиля ЗИЛ-130 от температуры окружающего воздуха при различной скорости движения (частоте вращения коленчатого вала двигателя) представлена на рис. 1.8.

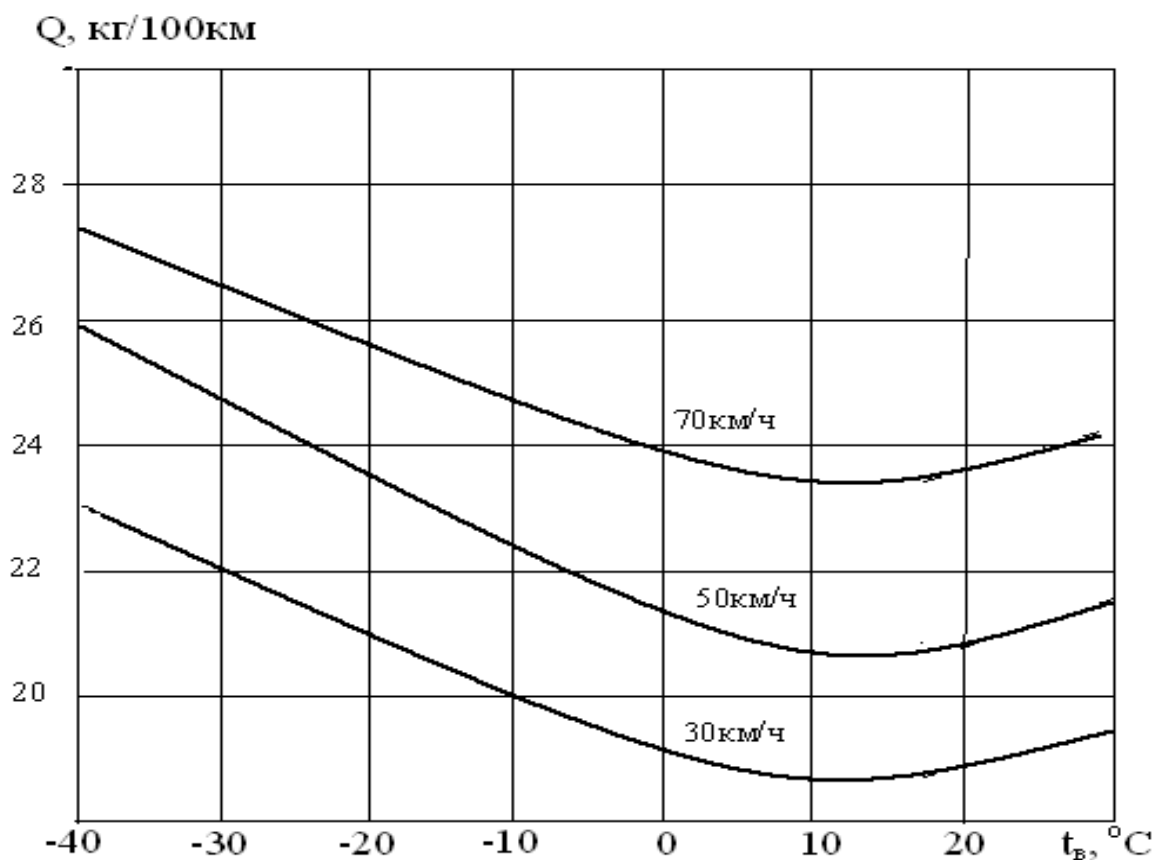


Рис. 1.8. Зависимость расхода топлива двигателем автомобиля ЗИЛ-130 (5 передача)

Влияет на повышение расхода топлива и высокая температура окружающего воздуха. Она ведет к повышению температурного режима двигателя. Повышение температуры ведет к понижению плотности топлива и уменьшению его массы при заполнении цилиндров. В то же время понижаются плотность и вязкость топлива, повышается его испаряемость. В связи с этим горючая смесь оказывается переобогащенной, и сгорает при работе не полностью.

Кроме этого высокая температура и переобогащенная смесь приводят к детонации топлива, образованию паровых пробок в системе подачи топлива, калильному зажиганию. В итоге наблюдается перерасход топлива.

На повышение расхода топлива существенное влияние оказывает техническое состояние самого двигателя, связанное с высокой температурой. Повышение интенсивности износа из-за высоких температур ведет к возрастанию расхода топлива за счет ухудшения рабочего процесса, снижения герметичности цилиндров, роста накипеобразования, увеличения прокачивания охлаждающей жидкости и др.

Расход топлива, экономичность его работы связаны с характеристиками топлива и их природой. Введением в практику использования новых топлив установлено, что они обладают особенностями горения (например, метанолсодержащие бензины), специфическим влиянием на износ двигателя, а в итоге меняют топливную экономичность.

Свои особенности имеет и газовое топливо. Наблюдается обеднение рабочей смеси от температуры окружающего воздуха. При повышенной температуре улетучиваются легкие фракции, топливо интенсивно окисляется, активизируется развитие в нефтепродуктах вредной микрофлоры, появляются негативные биохимические процессы. Диапазон температур окружающего воздуха, оптимальный по расходу топлива, от плюс 5 до плюс 20 °С. Для реальных условий эксплуатации диапазон температур окружающего воздуха можно считать от минус 60 до плюс 50 °С.

Отклонения температуры от оптимальной имеют пониженные на 60 °С и более, повышенные – на 30 °С. Влияние повышенной температуры окружающего воздуха при хранении ТСМ и заправке на качество и топливную экономичность представлено на рис. 1.9.

Выявлено, что при понижении температуры интенсивность роста расхода топлива выше, чем при повышении (рис. 1.10). Этот факт объясняется влиянием изменения физических свойств трансмиссии машины и шин, аэродинамического сопротивления движению машины. Кроме того, при пониженных температурах топливо расходуется на поддержание теплового состояния двигателя, кабины, салона.

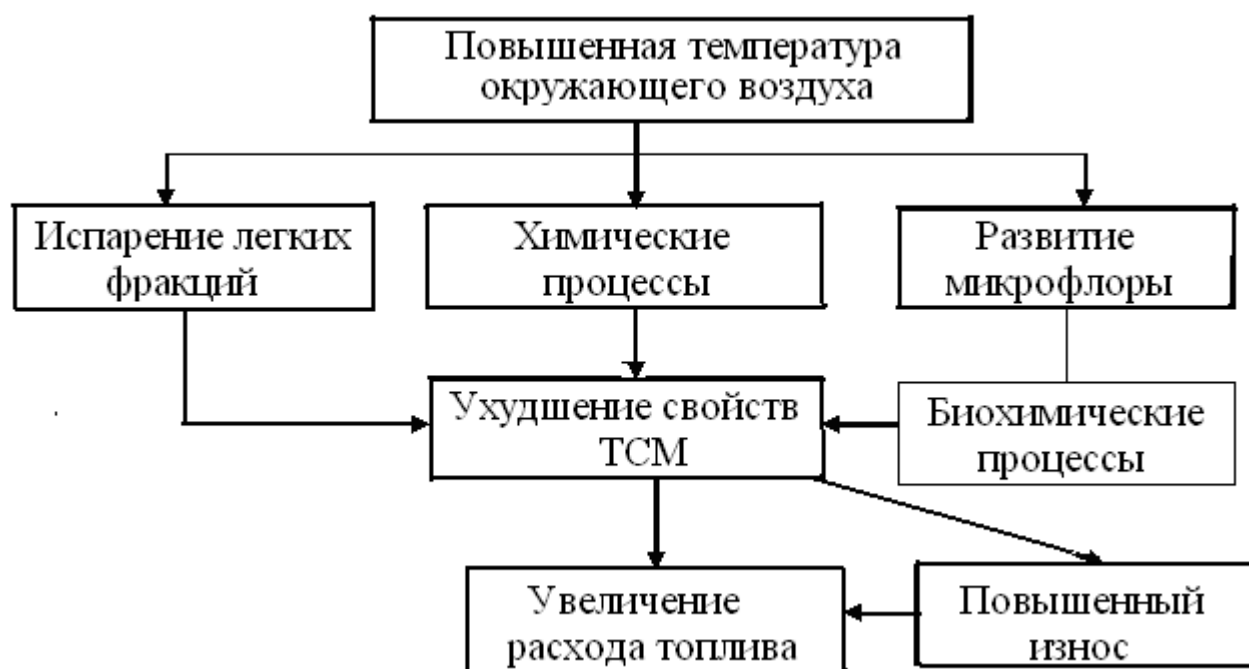


Рис. 1.9. Влияние повышенной температуры окружающего воздуха при хранении ТСМ и заправке на топливную экономичность

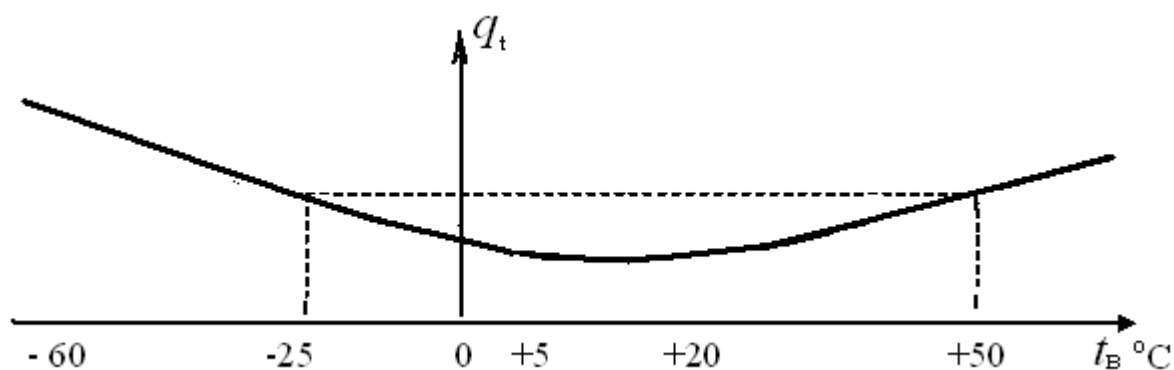


Рис. 1.10. Зависимость расхода топлива двигателем от температуры окружающего воздуха

Математическая (аналитическая) модель зависимости расхода топлива (топливной экономичности) от температуры окружающего воздуха (среды) является квадратичной:

$$q_t = q_0 + S \cdot (t - t_0)^2, \quad (1.26)$$

где  $q_0$  – расход топлива при оптимальной температуре;  $S$  – параметр чувствительности;  $t$ ,  $t_0$  – температура окружающего воздуха (текущее и оптимальное значения).

Модель для коэффициента приспособленности ( $K_{\text{п}} = Y/Y_0$ ) примет вид  $K_{\text{п}} = q/q_0$ ; а с учетом зависимости (1.24)  $K_{\text{п}} = (q_0 + S \cdot (t + t_0)^2)/q_0$ , тогда

$$K_{\text{п}} = 1 + C(t - t_0)^2, \quad (1.27)$$

где  $C = S/q_0$  – относительный параметр чувствительности.

Показатели адаптивности  $q_0$ ,  $S$ ,  $t_0$ ,  $C$  зависят от модели и марки машины (автомобиля), конкретных условий эксплуатации.

Средние значения  $q$  и  $K_{\text{п}}$  можно определить с учетом дисперсии  $\sigma^2$ :

$$q_{t(\text{ср})} = q_0 + S[(t_{\text{ср}} - t_0)^2 + \sigma_t^2], \quad (1.28)$$

$$\text{а } K_{\text{п}} = 1 + C[(t_{\text{ср}} - t_0)^2 + \sigma_t^2], \quad (1.29)$$

где  $\sigma^2$  – дисперсия, характеризующая вариацию текущего значения параметра вокруг среднего значения.

По приведенным формулам для практического использования рассчитаны дифференцированные надбавки к нормам расхода топлива на отрицательную температуру окружающего воздуха.

### **1.5.2. Влияние режима движения транспортного средства на расход топлива двигателем**

Наблюдения показывают, что расход топлива двигателем может изменяться более чем в два раза за счет изменения среднетехнической скорости автомобиля. Практика показывает, что минимальный расход топлива двигателем для большинства грузовых автомобилей соответствует скорости движения 30...45 км/ч, для легковых – 50...80 км/ч. При отклонениях от оптимальной скорости расход топлива возрастает. Снижение скорости приводит к более интенсивному возрастанию расхода, чем увеличение.

Для изучения закономерности изменения исследователи считают целесообразным использовать не саму скорость движения, но логарифм скорости (квадратическую модель)

$$Q = q_0 + S \cdot (\ln V - \ln V_0)^2, \quad (1.30)$$

где  $q_0$  – расход топлива при оптимальной скорости движения;  $S$  – параметр чувствительности;  $V$  и  $V_0$  – текущее и оптимальное значение скорости.

Для автомобиля ЗИЛ-130 при полной нагрузке на 5 передаче:

$q_0 = 25,6$  кг/100 км,  $S = 9,41$  кг/100 км,  $V_0 = 28,3$  км/ч.

Графическое изображение расхода топлива от скорости движения автомобиля представлено на рис. 1.11.

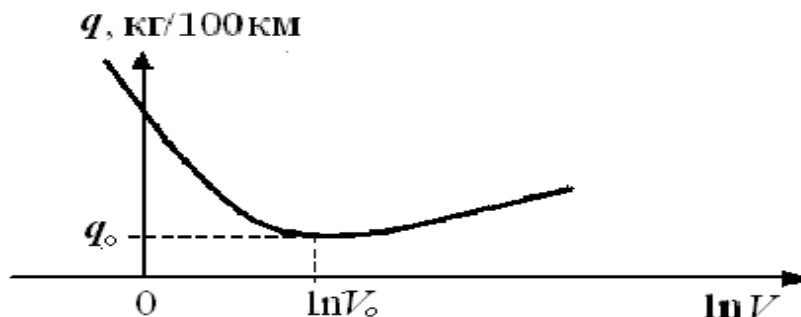


Рис. 1.11. Зависимость расхода топлива двигателем автомобиля

Существенное влияние на расход топлива оказывает переменный характер движения и особенно величина ускорения. В связи с этим при движении в городе этот фактор проявляется более интенсивно, так как количество ускорений, их интенсивность и длительность здесь наиболее выражены. Наблюдениями доказано, что при движении на внутригородских маршрутах расход топлива на ускорениях составляет 50 % и более от общего расхода.

Расход топлива увеличивается в 1,5 раза при неполном использовании мощности двигателя, при длительном движении на промежуточных передачах.

Снижение влияния рассмотренных негативных факторов может быть реализовано как на уровне создания машин, так и в условиях эксплуатации за счет технологических и организационных мероприятий.

### 1.5.3. Влияние нагруженности машины на расход топлива

Одним из важнейших факторов, влияющих на экономичность машин, является величина нагрузки. Для автомобиля это масса (объем) перевозимого груза, для трактора — тяговое усилие.

Затраты энергии на передвижение транспортного средства можно выразить простейшей зависимостью

$$E = (F_{\text{вн}} + F_{\text{кач}} + F_{\text{возд}}) S_{\text{п}}, \quad (1.31)$$



где  $F_{\text{вн}}$  – сила внутреннего сопротивления;  $F_{\text{кач}}$  – сила сопротивления качению;  $F_{\text{возд}}$  – сила сопротивления воздуха;  $S_{\text{п}}$  – пройденный путь.

$$\text{или} \quad E = \int (F_{\text{вн}} + F_{\text{кач}} + F_{\text{возд}}) dS. \quad (1.32)$$

Сила внутреннего сопротивления

$$F_{\text{вн}} = K_{\text{вн}}(m_{\text{а}} + m_{\text{г}}), \quad (1.33)$$

где  $K_{\text{вн}}$  – коэффициент внутреннего сопротивления;  $m_{\text{а}}$  и  $m_{\text{г}}$  – массы машины и груза.

Сила сопротивления качению

$$F_{\text{кач}} = f \cdot g(m_{\text{а}} + m_{\text{г}}), \quad (1.34)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению;  $g$  – ускорение свободного падения.

С учетом последних двух зависимостей можно записать

$$E = \int [(K_{\text{вн}} + f \cdot g)(m_{\text{а}} + m_{\text{г}}) + F_{\text{возд}}] dS. \quad (1.35)$$

Если допустить, что  $K_{\text{вн}}$ ,  $f$ , и  $m_{\text{а}}$  – величины постоянные, то энергия, расходуемая на передвижение машины, линейно зависит от массы груза. Этот факт подтвержден экспериментально. Отсюда можно сделать вывод, что зависимость расхода топлива от массы груза имеет линейный характер.

Однако в практике  $K_{\text{вн}}$  не является постоянной величиной по причине изменения вязкости масла при изменении температуры и изменения жесткости шин транспортных средств, пятна контакта и др. В результате затраты энергии не будут строго линейной функцией от массы груза.

Влияние массы груза на расход топлива описал нелинейной моделью Р. П. Лахно для автопоезда

$$q = 0,142 + 0,125 G_{\text{АП}} + 0,0000786 G_{\text{АП}}^2, \quad (1.36)$$

где  $G_{\text{АП}}$  – полная масса автопоезда.

В настоящее время для нормирования расхода топлива используется линейная модель зависимости топливной экономичности от массы груза (на автотранспорте). Топливную экономичность оценивают удельным расходом топлива.

#### А. Расход на 100 т-км грузооборота

$$q = \frac{100Q_{\text{сум}}}{L_{\text{т}} \cdot G_{\text{т}} \cdot \gamma_{\text{т}}}, \frac{\text{л}}{100 \text{ т-км}}, \quad (1.37)$$

где  $Q_{\text{сум}}$  – количество топлива, израсходованного за определенный пробег, кг;  
 $L_{\text{т}}$  – пробег с грузом, км;  $G_{\text{т}}$  – полезный груз, перевозимый транспортным средством т;  $\gamma_{\text{т}}$  – плотность топлива, г/см<sup>3</sup>.

#### Б. Расход на 100 км пробега

$$q = \frac{100Q_{\text{сум}}}{L_{\text{сум}} \cdot \gamma_{\text{т}}}, \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}, \quad (1.38)$$

где  $L_{\text{сум}}$  – общий пробег машины (с грузом и без груза), км.

#### **Контрольные вопросы**

1. Влияние низкой температуры окружающего воздуха на расход топлива ДВС.
2. Влияние высокой температуры окружающего воздуха на расход топлива ДВС.
3. Влияние режима движения транспортного средства на расход топлива двигателем.
4. Влияние нагруженности машины на расход топлива.
5. Оценка топливной экономичности транспортного средства.

## 1.6. Эффективность использования ДВС

### 1.6.1. Надежность – показатель эффективности двигателя (машины)

Выпуском двигателей, особенно для автотранспорта, занимаются многие предприятия. Отечественным производителям ДВС приходится конкурировать в этой области и с зарубежными фирмами, и не всегда успешно. Это вызывает необходимость систематического повышения технико-экономической эффективности выпускаемых двигателей.

Некоторые специалисты основным показателем эффективности ДВС считают **надежность**. При этом технико-экономическую эффективность ДВС можно выразить интегральным показателем качества, который (применительно к автомобилю) за полный амортизационный срок (срок службы) можно определить по формуле

$$K_a = \frac{A_a}{C_a} \cdot \frac{\text{т-км}}{\text{руб.}}, \quad (1.39)$$

где  $A_a$  – работа, произведенная автомобилем, т-км;  $C_a$  – приведенные затраты на создание, изготовление, эксплуатацию и ремонт автомобиля.

Интегральный показатель качества, применительно к двигателю (на автомобиле), за полный амортизационный срок (срок службы) можно определить по формуле

$$K_d = \frac{A \cdot \beta}{C_\Sigma} \cdot \frac{\text{л.с-ч}}{\text{руб.}}, \quad (1.40)$$

где  $A$  – работа, произведенная двигателем за весь срок службы, л.с-ч;  $\beta$  – коэффициент снижения полезной работы двигателя, за счет его веса

$$\beta = 1 - \frac{G_{\text{дв}}}{G_{\text{ав}}}, \quad (1.41)$$

$G_{\text{дв}}$  и  $G_{\text{ав}}$  – вес двигателя и вес автомобиля соответственно;  $C_\Sigma$  – приведенные затраты на создание, изготовление, эксплуатацию и ремонт двигателя за весь срок службы, руб.

Работу, произведенную двигателем за весь срок службы «А», можно выразить (с некоторым допущением)

$$A = N_{\text{ен}} \cdot K_{\text{и}} \cdot T_{\Sigma}, \text{ л.с-м-ч}, \quad (1.42)$$

где  $N_{\text{ен}}$  – эффективная мощность двигателя (номинальное значение), л.с.;  $T_{\Sigma}$  – полный амортизационный срок службы двигателя, мото-часы,  $K_{\text{и}}$  – коэффициент использования номинальной мощности.

Приведенные затраты на создание, изготовление, эксплуатацию и ремонт двигателя за весь срок службы

$$C_{\Sigma} = \sum_1^5 C_i, \quad (1.43)$$

где  $C_1$  – затраты на создание и изготовление двигателя;  $C_2$  – увеличение затрат на создание и изготовление трансмиссии машины при использовании данного двигателя в сравнении с эталонным одинаковой мощности (например применение дизельного вместо карбюраторного);  $C_3$  – эксплуатационные затраты;  $C_4$  – санитарные затраты, условно эквивалентны отрицательному воздействию на водителя (оператора), пассажиров и окружающую среду от дымности и токсичности отработанных газов, шума, вибрации и др.;  $C_5$  – остальные затраты.

Эксплуатационные затраты « $C_3$ » включают

$$C_3 = C_{3.1} + C_{3.2} + C_{3.3} + C_{3.4} + C_{3.5}, \quad (1.44)$$

где  $C_{3.1}$ ,  $C_{3.2}$ ,  $C_{3.3}$  – затраты на топливо, масла и поддержание работоспособности двигателя в эксплуатации (ТО, ТР и КР);  $C_{3.4}$  – потери, связанные с вынужденным простоем машины из-за отказов двигателя (несвоевременное выполнение работ);  $C_{3.5}$  – затраты, связанные с подготовкой двигателя к запуску и выводу его на рабочий режим.

Подставляя значения составляющих в исходную формулу 1.38, получаем величину интегрального показателя качества «К».

## Амортизационный срок службы ДВС

Полный амортизационный срок службы двигателя на машине « $T_{\Sigma}$ » в мото-часах определится как

$$T_{\Sigma} = T_{\text{лкр}} \left( 1 + \sum_1^n \theta_i \right), \quad (1.45)$$

где  $T_{\text{лкр}}$  – срок службы (ресурс) двигателя до первого КР;  $\theta_i$  – отношение ресурса двигателя после очередного  $i$ -го капитального ремонта к ресурсу первого КР;  $n$  – количество капитальных ремонтов.

Подставляя соответствующие величины в формулу 1.38, получаем величину интегрального показателя качества « $K$ ».

Коэффициент надежности двигателя « $K_n$ » и удельные затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии « $З_y$ » с учетом приведенных затрат, связанных с простоем машины из-за отказов двигателя составят

$$K_n = \frac{C_{\Sigma} - (C_{3.3} + C_{3.4})}{C_{\Sigma}}, \quad (1.46)$$

$$З_y = \frac{C_{3.3} + C_{3.4}}{A}, \quad (1.47)$$

где  $C_{3.3}$  – затраты на поддержание работоспособности двигателя (ТО, ТР и КР);  $C_{3.4}$  – потери, связанные с вынужденным простоем машины из-за отказов двигателя (несвоевременное выполнение работ);  $A$  – работа, произведенная, двигателем за весь срок службы.

Из приведенных зависимостей видно, что удельные затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии « $З_y$ » – показатель надежности двигателя более универсальный, так как позволяет сравнивать двигатели независимо от стоимости их изготовления.

Подставляя соответствующие значения в уравнения  $K_n$  и  $Y_3$ , получаем

$$K_n = \frac{C_{\Sigma} - (C_{\text{то}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{кр}} + C'_{\text{то}} + C'_{\text{тр}} + C'_{\text{кр}})}{C_{\Sigma}}, \quad (1.48)$$

$$Y_3 = \frac{C_{\text{то}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{кр}} + C'_{\text{то}} + C'_{\text{тр}} + C'_{\text{кр}}}{N_n \cdot K_n \cdot \beta \cdot T_{\text{лкр}} (1 + \Sigma \alpha_t)}. \quad (1.49)$$

Из приведенных формул видны основные пути повышения эффективности двигателей. Среди них увеличение мощности ДВС и коэффициента его использования; уменьшение веса двигателя; снижение расходов на изготовление и увеличение приспособленности к трансмиссии транспортного средства; снижение расходов на ТСМ; повышение надежности; улучшение пусковых свойств двигателя и возможности выхода его на рабочий режим; повышение экологичности (уменьшение дымности, токсичности, шумности, вибрации и т. д.).

### **1.6.2. Пути повышения эффективности при создании машин**

На эффективность использования рабочих машин (транспортных средств) большое влияние оказывает производительность (объем работ в единицу времени). Повышение производительности автотранспорта связано с увеличением скорости движения и повышением грузоподъемности. А это требует увеличения энерговооруженности транспортного средства за счет увеличения абсолютной мощности двигателя и увеличения мощности двигателя, приходящейся на единицу полной массы машины (составляет от 8 л.с./т и выше, а полвека назад составляла 3...4 л.с./т). Увеличение массы автомобиля и скоростей движения привело к значительному повышению мощностей двигателей.

Если в середине прошлого века мощность двигателей грузовых автомобилей составляла от 40 до 120 л.с., то в настоящее время для некоторых машин она достигает свыше 1000 л.с. По прогнозам для тяжелого (внедорожного) автотранспорта целесообразны двигатели мощностью до 2000 л.с.

Рост мощности двигателей транспортных средств для повышения скорости и грузоподъемности сопровождается ростом расхода топлива на километр пути. Это вызвало актуальность проблемы топливной экономичности транспортных средств.

Повышение мощности бензиновых двигателей на грузовых автомобилях и автобусах требует увеличения диаметра цилиндров, что из-за склонности к детонации вызывает необходимость использования высокооктановых бензинов,

или снижения степени сжатия, приводящей к снижению топливной экономичности. Это ограничило увеличение диаметра цилиндров карбюраторных двигателей немногим выше 100 мм.

Переход к использованию на грузовых автомобилях дизелей вместо бензиновых двигателей вызвало снижение эксплуатационного расхода топлива на 25...30 %, а в напряженных городских условиях до 40...50 %. На полноприводных машинах в условиях бездорожья и особенно с прицепами экономия составляет иногда более чем в 2 раза.

При парке машин в 1 миллион единиц грузоподъемностью 8 тонн, годовая экономия топлива от замены бензиновых двигателей на дизели может составить до 4,4 млн тонн. При этом снижаются транспортные и складские расходы. Другими преимуществами дизелей являются:

- меньшая токсичность отработанных газов;
- лучшая приспособленность для применения наддува;
- меньшая требовательность к сортам топлива;
- большая пригодность для создания многотопливных модификаций;
- большая возможность торможения автомобиля двигателем;
- меньшая пожароопасность;
- меньшая теплоотдача в систему охлаждения;
- лучшие динамические качества.

Имеют место при этом и недостатки. В том числе:

- более жесткий процесс сгорания;
- рост массивности и стоимости двигателя до 25 %;
- выше стоимость изготовления трансмиссии при переходе с бензинового ДВС на дизель до 10...20 %;
- в 1,5...2 раза выше стоимость аккумуляторных батарей (на тракторах устанавливают пусковой двигатель);
- труднее запуск, особенно при низких температурах и др.

В то же время топливная экономичность заставляет пренебрегать указанными выше недостатками и подталкивает производство к использованию дизелей даже на машинах малой грузоподъемности и легковых машинах.

Высокая масса дизелей для тракторных двигателей не только не ухудшает технические характеристики трактора, но наоборот повышает его сцепной вес, который необходим для повышения тягового усилия, снижения буксования.

Уменьшение стоимости двигателя связано с увеличением массовости их выпуска. В связи с этим целесообразно создание унифицированных семейств двигателей многоцелевого назначения с широкой конструкторской и технологической унификацией деталей и узлов моделей двигателей с разным числом цилиндров.

### **1.6.3. Пути повышения эффективности ДВС при эксплуатации**

Практика показывает, что расходы на поддержание двигателя в работоспособном состоянии во много раз больше стоимости изготовления (производства). Стоимость технического обслуживания и ремонта по сравнению со стоимостью изготовления больше до 7 раз, а трудоемкость – до 60 раз.

Расходы на поддержание работоспособности двигателя с потерями, связанными с простоями машин из-за его отказов, в значительной степени определяют его технико-экономическую эффективность.

Для обеспечения высокой надежности двигателя необходимо обеспечить минимально допустимый объем ТО в эксплуатации вплоть до исключения его по отдельным узлам и агрегатам при сохранении их безотказности и долговечности и двигателя в целом.

Высокая надежность двигателя, заложенная при создании, обеспечиваемая при изготовлении и реализуемая при эксплуатации, может снизить затраты на поддержание двигателя в работоспособном состоянии и потери, связанные с простоем машины по вине двигателя.

Отсюда надежность двигателя является основой его технико-экономической эффективности, резервом экономии общественного труда и ос-



новой повышению его производительности. В свою очередь, надежность определяется безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и др.

Высокая надежность двигателя обеспечивается:

- повышением безотказности за счет обеспечения одинаковой долговечности (ресурса), или его кратности для сборочных единиц относительно базовой детали, обладающей высокой долговечностью;
- увеличением ресурса двигателя до капитального ремонта за счет повышения ресурса лимитирующих сборочных единиц;
- увеличением вторичного межремонтного ресурса двигателя (до 80 %);
- снижением стоимости КР за счет совершенствования методов ремонта, восстановления деталей и снижения стоимости запчастей;
- снижением трудоемкости ТО и повышением ремонтпригодности за счет конструкторско-технологических мероприятий и др.

Надежность работы двигателей в свою очередь зависит:

- и от условий, в которых работают сборочные единицы;
- нагрузочного и теплового режима двигателя;
- качества смазывающих материалов;
- исключения поступления к парам трения абразивных частиц и др.;
- степени покрытия поверхностей пар трения отложениями, нагаром.

Указанные причины приводят к потере работоспособности двигателя, сокращению ресурса.

Основные направления работ по повышению надежности ДВС в эксплуатации представлены на рис. 1.12 .

Для выполнения надежной работы должно быть обеспечено снижение их влияния на появление отказов. При этом необходимо:

- совершенствование конструкции и технологии изготовления (восстановления) деталей;
- повышение уровня эксплуатации изделий;
- улучшение качества капитальных ремонтов (восстановления ресурса);
- широкое использование технической диагностики и др.



Рис. 1.12. Основные направления работ по повышению надежности ДВС в эксплуатации

Для техники, используемой сезонно, большое значение для обеспечения надежной работы имеет совершенная система хранения техники.

### ***Контрольные вопросы***

1. Надежность как показатель эффективности работы двигателя.
2. Приведенные затраты на создание, изготовление, эксплуатацию и ремонт двигателя за срок службы.
3. Пути повышения эффективности при создании двигателей машин.
4. Преимуществами дизелей перед другими двигателями.
5. Пути повышения эффективности ДВС при эксплуатации.

## Раздел 2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ИСПРАВНОСТИ ДВС

### 2.1. Введение в техническую эксплуатацию машин

#### 2.1.1. Техническое состояние и работоспособность изделия

Половина сборочных единиц машины в процессе работы теряет первоначальные свойства. Применительно к автомобилю, до 4 тысяч его деталей имеют ресурс меньше, чем сам автомобиль. Эти сборочные единицы являются предметами постоянного внимания организаций и частных лиц, эксплуатирующих машины.

Взаимодействие машины с окружающей средой, а отдельных деталей – между собой, вызывает нагрев, физические и химические преобразования, изменения размеров деталей, зазоров сопряжений, электрических и других величин. Для поддержания машины в работоспособном состоянии требуются воздействия в виде ТО и ремонтов.

Машина, двигатель (узел, агрегат) может быть в исправном и неисправном состоянии. Процесс изменения состояния изделий графически изображен на рис. 2.1.

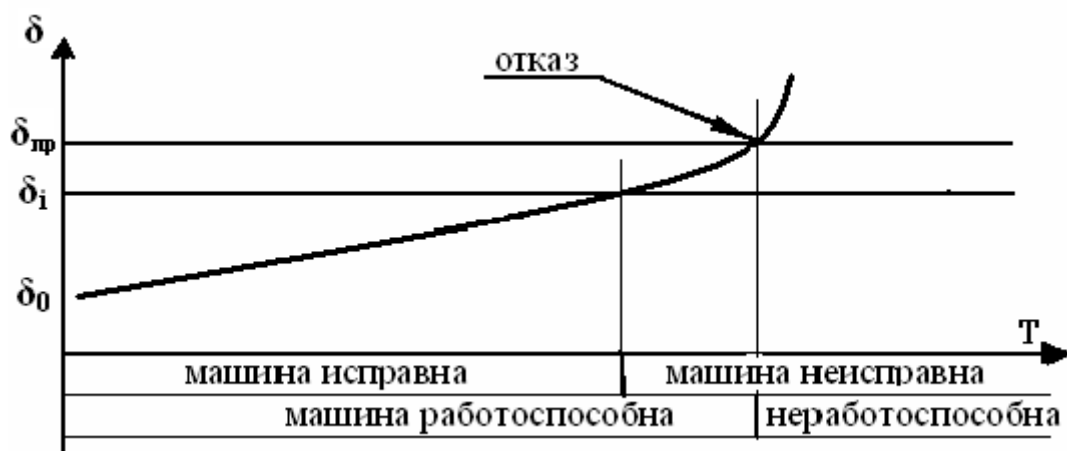


Рис. 2.1. Изменение состояния сборочных единиц  
в результате расходования ресурса

Машина (агрегат) считается исправной, если все ее параметры находятся в пределах, заданных конструкцией или техническими условиями.

Машина (агрегат) неисправна, если хотя бы один из параметров не соответствует установленным требованиям. При этом она не обеспечивает выполнение работ в нужном объеме, требуемого качества и с допустимыми затратами материалов и средств.

К требованиям, определяющим состояние объекта, относятся надежность, безопасность, экономичность, эргономичность, эстетичность и др. При этом машина может быть неисправной, но работоспособной. При определении работоспособности машины принимаются во внимание основные свойства (требования), а при оценке исправности – все требования, предъявляемые к ней в процессе эксплуатации.

ГОСТ 18322-78 вводит в этой области основные понятия и определения.

Неработоспособное состояние обусловлено несоответствием значений одного или нескольких параметров объекта установленным требованиям нормативно-технической документации, характеризующим его способность выполнять заданные функции.

Переход от работоспособного к неработоспособному состоянию называют отказом. Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта. Различают отказы внезапные и постепенные; независимые и зависимые; конструкционные, технологические, эксплуатационные и другие.

**Внезапный** отказ связан с пиковыми нагрузками или скоростями. Появление его носит случайный характер и прогнозирование его невозможно. Проявляются такие отказы в виде поломок и прекращения функционирования.

**Постепенный** отказ связан с длительным периодом изменения параметра до наступления предельного состояния, после которого использование объекта невозможно, нецелесообразно экономически или из соображений безопасности.

**Независимый** отказ не обусловлен зависимостью появления отказов других элементов машин. **Зависимый** отказ связан с появлением отказа других элементов объекта.

**Конструкционный** отказ связан с недостатками конструктивного характера машины или детали (сборочные единицы).

**Технологические** отказы связаны с недостатками изготовления машины или ее ремонта.

**Эксплуатационные** отказы связаны с нарушениями требований по применению машин в конкретных условиях. Это могут быть перегрузки, критические скорости, условия работы, ошибки оператора и другие причины.

Основным показателем, характеризующим устойчивость изделия против появления отказов, является его надежность.

### **2.1.2. Основные понятия и определения технической эксплуатации**

**Техническая эксплуатация машин (ТЭ)** как наука определяет пути и методы наиболее эффективного управления их техническим состоянием. Целями технической эксплуатации являются:

- обеспечение своевременной и наиболее полной реализации технических возможностей конструкции, безопасности при выполнении работ и заданных уровней эксплуатационной надежности машины;
- оптимизация материальных и трудовых затрат;
- обеспечение минимального влияния технического состояния машин на человека и окружающую среду.

Как область практической деятельности ТЭ – это комплекс технических, экономических и организационных мероприятий, обеспечивающих поддержание машин в исправном состоянии и функционирование их при рациональных затратах труда и материалов.

Составляющими технической эксплуатации являются обкатка, техническое обслуживание, эксплуатационный ремонт, обеспечение топливом и смазочными материалами (ТСМ), заправка машин, техосмотры и хранение в нерабочий период.

Эффективность ТЭ зависит от качества изделия и его надежности.

**Надежность** – свойство изделия выполнять заданные функции при сохранении первоначальных технических характеристик во времени в пределах установленных допусков. Количественными характеристиками надежности могут быть однородные (простые) показатели и комплексные.

**Простые показатели** надежности характеризуют только одно свойство изделия (наработка на отказ, гамма-процентный ресурс и другие). **Комплексные показатели** характеризуют ряд свойств (безотказность, ремонтпригодность и т. д.). К ним относятся коэффициенты технической готовности и использования, среднее время восстановления и другие.

**Надежность** является обобщающим свойством изделия, включающим безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость (ГОСТ 27.002-83). Уровень надежности закладывается при создании техники, обеспечивается при производстве и поддерживается при эксплуатации.

**Безотказность** – свойство изделия, заключающееся в непрерывном сохранении работоспособности в течение некоторой наработки. Она характеризуется вероятностью безотказной работы, интенсивностью отказов, наработкой до отказа и другими показателями.

**Долговечность** – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Она характеризуется средним ресурсом, средним сроком службы и другими показателями.

**Ремонтпригодность** – свойство изделия, заключающееся в приспособленности его к предупреждению, обнаружению и устранению отказов, поддержанию и восстановлению работоспособности путем технического обслуживания и ремонта. Она оценивается средним временем восстановления работоспособности.

**Сохраняемость** – свойство изделия сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и транспортировки. Оценивается она средним и гамма-процентным сроком сохраняемости.

От надежности машин зависит качество выполняемых работ, их себестоимость, безопасность и безвредность. Сама надежность зависит от условий эксплуатации, режимов работы изделия, качества технического обслуживания и ремонта.

### **2.1.3. Основные причины изменения технического состояния машин**

Основными, постоянно действующими причинами изменения технического состояния двигателя и других отдельных сборочных единиц машины являются (применительно к транспортным средствам):

- изнашивание – около 40 % признаков проявления отказов;
- пластическая деформация – 26...30 %;
- усталостные разрушения – около 18 %;
- другие виды разрушений (трещины – 12 %, температурные разрушения – 12 %, поломки – 5 %, прочие – 4 %).

Отказы могут проявляться и в результате наличия естественных причин. Наибольшее значение при этом имеет изнашивание сборочных единиц.

**Изнашивание** – процесс постепенного изменения параметров объекта, обусловленный действием механических, тепловых и коррозионно-механических видов износа, определяемых режимами и условиями эксплуатации.

Изнашивания М. М. Хрущев подразделяет на механическое, молекулярно-механическое и коррозионно-механическое.

Механическое изнашивание подразделяется на абразивное, пластическую деформацию, хрупкое разрушение.

Абразивное изнашивание происходит за счет отделения частиц материала под действием твердых абразивных частиц.

Пластическая деформация происходит в связи с изменением размеров и формы деталей под действием нагрузок, превышающих предел текучести материала.



Хрупкое разрушение состоит в разрушении поверхностного слоя материала, связанного с трением и наклепом, выходом на поверхность менее хрупкого материала

**Молекулярно-механическое (адгезивное) изнашивание** происходит в результате молекулярного сцепления трущихся поверхностей. Это приводит к задирам, заклиниванию и разрушению в результате местных контактов между трущимися поверхностями. Этому способствуют большие нагрузки и скорости, приводящие к разрыву масляной пленки и появлению сухого трения.

**Коррозионно-механическое изнашивание** появляется при сочетании механического изнашивания и действия окружающей среды. Процесс образования окисных пленок и последующего их разрушения.

**Пластическая деформация** связана с превышением нагрузок над пределом текучести. Проявляется вследствие нарушений технологии изготовления, недостатков расчета на прочность, снижения прочности.

**Усталостные разрушения** возникают в результате воздействия циклических и знакопеременных нагрузок (рессоры, кронштейны и др.).

**Коррозия** проявляется под воздействием агрессивной среды (кислоты почвы и воды, компоненты выхлопных газов, соли на дорогах). Часто проявляется во взаимодействии с другими видами износов – абразивном и другими.

**Старение материалов** проявляется под воздействием физико-химических и температурных изменений. Резинотехнические изделия теряют прочность и эластичность под действием температуры, топливо-смазочных материалов, солнечной радиации, влажности и в результате окисления. Смазочные материалы накапливают продукты износа, изменяют вязкость и др.

Свойства деталей изменяются не только при работе, но и при хранении. При этом снижается прочность резинотехнических изделий, появляется коррозия материалов и т. д. В связи с этим организация хранения является задачей технической эксплуатации машин.

#### 2.1.4. Определение предельных величин износа

Под предельной величиной износа принято понимать размеры изнашивающейся сборочной единицы или регулировочной величины до достижения которых узлы, сопряжения отвечают установленным требованиям технической документации. Эти величины определяют по следующим критериям: техническому, качественному, экономическому, критерию безопасности процессов и по их совокупности.

**Технические** критерии связаны с исправностью машин, которая зависит в первую очередь от степени износа ее элементов и роста его интенсивности. Это могут быть зазоры, ослабление креплений, шумы, вибрации и др.

**Качественные** критерии связаны со снижением качества выполняемых работ в результате износа машин или нарушения регулировок.

**Экономические** критерии применимы в случаях, когда затраты на выполнение работ выходят за пределы нормативных или не окупаются. Среди них повышенный расход топлива, затраты на ремонты, снижение производительности машин и другие.

**Критерий безопасности работ** применим при состоянии техники, не обеспечивающем сохранность жизни и здоровья исполнителей работ и окружающих. К таким состояниям можно отнести высокую температуру охлаждающей жидкости, подтекание топлива через неплотности в системе и другие.

**Технико-экономический** критерий (совокупный) является наиболее общим. Здесь сочетаются состояние сборочных единиц машины, ее экономические показатели (повышенный расход топлива и снижение производительности).

Большой вред техническому состоянию машин приносят климатические условия, нарушения правил эксплуатации (перегрузки), качество топливо-смазочных материалов, несвоевременное и некачественное техническое обслуживание, нарушения правил обкатки и хранения машин, низкий уровень их ремонта и другие недостатки, приводящие к потерям работоспособности.

### 2.1.5. Пути обеспечения работоспособности машин

Работоспособность машин зависит от многих факторов. Для обеспечения целенаправленного воздействия на эти факторы их делят на группы по периодам создания и применения машин. К основным факторам относят конструктивные, технологические и эксплуатационные.

**Конструктивные** факторы связаны с выбором материалов для изготовления сборочных единиц, совершенствованием конструкции деталей (особенно трущихся) и систем смазки, повышением безотказности, долговечности и ремонтопригодности сборочных единиц и машины в целом. Эти факторы реализуются на этапе проектирования, испытания, доводки перед серийным производством.

**Технологические** зависят от качества изготовления сборочных единиц и ремонта машин. Основными мероприятиями по повышению надежности машин являются как технологические, так и конструкторские мероприятия.

Необходимая точность и качество изготовления деталей зависит от уровня станочного парка заводов-изготовителей и ремонтных предприятий и квалификации специалистов. Высокие геометрические характеристики сопрягаемых поверхностей деталей машин обеспечиваются путем использования современных технологий обработки изделий. К ним относятся шлифование, полирование, смятие материала, пластическое деформирование (обкатывание, раскатывание, виброобкатывание и др.), электрообработка (электромеханическая, электрохимическая) и другие способы обработки.

Термическая и химико-термическая обработки значительно повышают износостойкость деталей. Используют их при изготовлении наиболее ответственных деталей.

Нанесение коррозионностойких электролитических и химических покрытий (цинкование, никелерование, оксидирование, фосфатирование и др.) повышает коррозионную стойкость сборочных единиц, что весьма важно для машин, работающих в условиях агрессивных сред.

Армирование деталей, применение втулок, колец и других деталей из износостойких материалов позволяют повысить надежность и долговечность машин, сократить расходы на ТО и ремонты. В перспективе повышение работоспособности машин должно базироваться на применении новых материалов и технологий.

Для ремонтных предприятий пути обеспечения повышения работоспособности машин состоят в следующем:

- эффективная очистка и мойка деталей – удаление загрязнений, нагара, смолистых отложений при использовании современных моечных машин и препаратов;
- контроль размеров и геометрии рабочих поверхностей, точности их взаимного расположения, подбор (по массе и размерам) деталей одной группы (поршни, шатуны и др.);
- динамическая балансировка валов, маховиков и других вращающихся деталей;
- герметизация узлов и агрегатов с использованием современных материалов (сальников, прокладок, герметиков),
- обкатка узлов и машин на установленных режимах с соответствующей подготовкой и обслуживанием и другие пути.

**Эксплуатационные мероприятия** в обеспечении высокой работоспособности играют огромную роль. К ним относятся:

- эксплуатационная обкатка, от качества которой зависит ресурс машин, их безотказность и затраты на ремонт;
- техническое обслуживание машин, от качества которого зависит эффективность их использования, качество работ и затраты на ремонты;
- периодические технические осмотры обеспечивают качество и бесперебойность работ;
- оптимальный режим работы машин (без перегрузок) создает условия, исключаящие появление случайных отказов и интенсивного износа;

– соблюдение правил хранения машин снижает старение их в нерабочий период под воздействием природных явлений и техногенных образований;

– разномарочность машин (чрезмерная) приводит к снижению уровня ТО и ремонтов, квалифицированного их применения и др.

Возможность проводить в полной мере указанные выше мероприятия и высокую эффективность использования техники обеспечивает высокая квалификация операторов и обслуживающего персонала.

Исследования в области оценки ремонта показывают, что затраты на ТО и ремонт изменяются от возраста машин (пробега) в 2...4 раза; от условий эксплуатации (климат, дороги) – в 1,5...2 раза.

По данным США, уровень приспособленности однотипных автомобилей к ТО и ремонту (эксплуатационная технологичность) изменяет фактическую трудоемкость выполнения одинаковых операций обслуживания до 25...55 %. Оказывает влияние на затраты в том числе организация ТО и ремонта.

### ***Контрольные вопросы***

1. Графическое изображение процесса изменения состояния изделий при использовании по назначению.

2. Требования, определяющие техническое состояние объекта (машины).

3. Характеристики отказов: внезапные и постепенные; независимые и зависимые; конструкционные, технологические, эксплуатационные.

4. Техническая эксплуатация машин как наука и как область практической деятельности.

5. Цели технической эксплуатации машин.

6. Надежность как свойство изделия, включающее безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

7. Основные причины изменения технического состояния машин.

8. Предельные величины износа. Критерии их определения: технические, качественные, экономические и др.

9. Пути обеспечения работоспособности машин: конструктивные, технологические и эксплуатационные.

## **2.2. Система технического обслуживания машин**

### **2.2.1. Планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта**

**Техническое обслуживание (ТО)** – комплекс операций или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании его по назначению, ожидании, хранении и транспортировании (ГОСТ 18322-78).

Техническое обслуживание носит профилактический характер по поддержанию машин в исправном состоянии. Различают обслуживания с одной стороны при использовании, хранении и транспортировке, с другой – периодические, сезонные, регламентные и другие виды ТО.

Операции ТО включают очистку, мойку, проверку состояния элементов и системы в целом, смазку, крепление сборочных единиц, регулировку узлов и механизмов, другие работы.

Различают три основных стратегии технического обслуживания: по потребности, по регламентации и по техническому состоянию, установленному в результате диагностирования (регламентированного).

**Обслуживание по потребности** проводится при появлении отказа сборочных единиц или машины в целом. Такая стратегия имеет место на предприятиях, но она является порочной, так как обслуживания приходится проводить в периоды напряженных работ, а это связано с потерей времени, задержкой работ и т. д.

**Регламентное обслуживание** носит планово-предупредительный характер. Такое обслуживание предусмотрено в нормативно-технической документации в установленном объеме, независимо от состояния изделия в момент начала ТО.

**Плановость системы** заключается в том, что обслуживание проводится в плановом регламентном порядке, а **предупредительность** в том, что основные операции ТО выполняются предупредительно – без учета состояния обслуживаемых узлов и агрегатов.

**Обслуживание по техническому состоянию** проводится по результатам контроля (диагностирования) машин и сборочных единиц. Такое обслуживание осуществляется при периодическом и непрерывном контроле.

**ТО с периодическим контролем** предусматривает проведение контроля выполнять в соответствии с установленными нормативами, а объем других операций – по состоянию изделия на начало ТО (мощность двигателя, расход топлива и др.).

**ТО с непрерывным контролем** предусматривает выполнение работ по обслуживанию проводить по результатам непрерывного контроля технического состояния (давление в системе смазки двигателя, подзарядка аккумулятора и др.).

Практика показывает, что предпочтительным вариантом ТО является обслуживание по техническому состоянию. Наиболее отсталый вариант – обслуживание по потребности. Последний вариант имеет место в связи с недостатком дешевых и надежных диагностических средств и технологий, отвечающих требованиям на данный момент.

**Система ТО и ремонта** – совокупность взаимосвязанных средств, документации, технического обслуживания, ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему (ГОСТ 18322-78).

Системой ТО установлены виды обслуживания, их периодичность и цикличность.

Под **видом ТО (ремонта)** следует понимать ТО (ремонт), выделяемое (выделяемый) по одному из признаков: этапу существования изделия, периодичности выполнения операций, объему работ при обслуживании (ремонте), условиям эксплуатации машин, регламентации мероприятий и т. д.

**Периодичность ТО** – интервал наработки (времени) между данными видами ТО (ремонта) и последующим таким же видом или другим большей сложности.

**Цикл ТО** – наименьшие повторяющиеся интервалы наработки или времени, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации все установленные виды периодического ТО.

### **2.2.2. Виды и методы технического обслуживания**

Под **видом ТО (ремонта)** следует понимать ТО (ремонт), выделяемое (выделяемый) по одному из признаков: этапу существования изделия, периодичности выполнения операций, объему работ при обслуживании (ремонте), условиям эксплуатации машин, регламентации мероприятий и т. д.

**Виды** технического обслуживания подразделяются (ГОСТ 18322-78) по этапу эксплуатации, по периодичности выполнения и регламентации.

По этапу эксплуатации виды ТО подразделяются:

- на ТО при транспортировании, в том числе при подготовке к транспортированию, транспортировании и после его окончания;
- ТО при использовании, в том числе при подготовке к использованию, использовании и после окончания использования;
- ТО при хранении, в том числе при подготовке к хранению, хранении и при снятии с хранения.

По периодичности выполнения ТО за тракторными двигателями подразделяются:

- на периодические ТО – ежесменное ТО, ТО-1, ТО-2, ТО-3;
- сезонные ТО – при переходе с зимней эксплуатации на летнюю эксплуатацию (СТО-ВЛ) и при переходе с летней на зимнюю (СТО-ОЗ).

**Методы** технического обслуживания (признак классификации – организация выполнения).

По географическому положению методы подразделяются:

- на централизованный – ТО выполняются персоналом и средствами одного подразделения организации или предприятия;



– децентрализованный – метод выполнения ТО персоналом и средствами нескольких подразделений организации или предприятия.

**По специализации** выполнения методы подразделяются:

- на метод ТО эксплуатирующим персоналом – персоналом, работающим на данном изделии (машине) при использовании его (ее) по назначению;
- метод ТО специализированным персоналом – обслуживание персоналом, специализированным на выполнении операций ТО.

**По уровню проведения** ТО методы подразделяются:

- на ТО эксплуатирующей организацией (АТП и др.);
- ТО специализированной организацией – станцией ТО автопрома или другой;
- ТО предприятием-изготовителем через собственные станции ТО.

**По организации проведения** ТО методы подразделяются:

- на поточный метод ТО: ТО выполняется на специализированных рабочих местах с определенными технологической последовательностью и ритмом;
- комплексный метод: операции по ТО проводятся на одном посту.

Выбор и обоснование того или другого метода должны осуществляться исходя из местных конкретных условий производства, размеров предприятия, его оснащенности и других особенностей. Каждый из указанных видов и методов ТО имеет свои достоинства и недостатки.

Развитие системы ТО должно увязываться с повышением качества и ресурса смазочных материалов, развитием технологий и средств диагностирования, использованием современных материалов для изготовления деталей машин (особенно для трущихся поверхностей), совершенствованием технологий и средств для проведения самих операций ТО в сторону снижения затрат труда, времени и средств.

### **2.2.3. Теоретические основы и правила эксплуатационной обкатки**

При поступлении машины на предприятие с завода-изготовителя или ремонтного завода машина должна пройти эксплуатационную обкатку. Принимаемые машины должны пройти тщательный осмотр. При этом проверяются

сохранность пломб, комплектность машины, наличие инструмента и запасных частей, состояние машины и ее элементов. При обнаружении серьезных недостатков составляется акт для предъявления претензий заводу-изготовителю, предприятию по доставке или ремонтному предприятию.

После проведения осмотра машины, проверки и подтяжки креплений сборочных единиц, регулировки натяжения приводных ремней для двигателя, проверки уровня смазки и технических жидкостей, устранения выявленных недостатков и других мероприятий машина (двигатель) подвергается эксплуатационной обкатке.

Обкатка проводится с целью приработки трущихся поверхностей в сопряжениях для обеспечения минимального их износа. Износ зависит от нагрузки при обкатке, режима работы, качества обработки трущихся поверхностей перед сборкой и самой сборки, вида смазки и качества смазывающего материала.

Минимальный коэффициент трения имеет место при жидкостном трении (трение между слоями смазки), далее идет полужидкостное, граничное и сухое трение.

В результате приработки устраняются шероховатость, волнистость и другие неровности, достигается увеличение площади контакта поверхностей – уменьшается удельное давление, улучшаются условия смазки. Снижение приработочного износа увеличивает срок службы машины. Это видно из кривой износа (рис. 2.2).

Аналогичная зависимость имеет место при нарушениях взаимного расположения трущихся поверхностей в результате разборочно-сборочных работ.

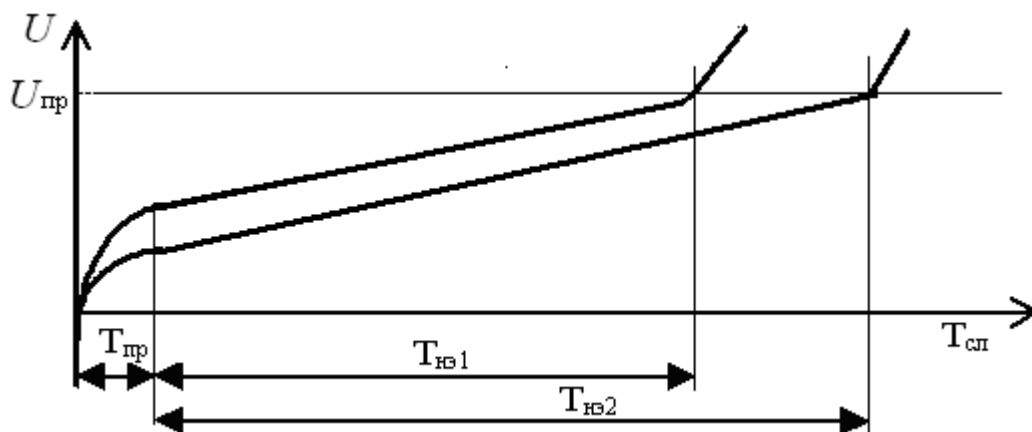


Рис. 2.2. Зависимость износа ( $U$ ) от результатов обкатки в функции срока службы ( $T_{\text{сл}}$ ) сопрягаемых сборочных единиц:  
 $T_{\text{пр}}$  – период приработки,  $T_{\text{нэ1}}$  и  $T_{\text{нэ2}}$  – периоды нормальной эксплуатации без установленной обкатки и с обкаткой

При обезличенном ремонте происходит очередная приработка. При этом приработочный износ увеличивается в 1,5...2 раза. В связи с тем, что уровень станочного оборудования на ремонтных предприятиях ниже, чем на заводах-изготовителях, тщательность выполнения обкатки в этом случае приобретает большое значение.

Приведенная на рисунке зависимость свидетельствует о необходимости совершенствования технологии и средств обкатки для увеличения срока службы сборочных единиц; увеличения периодичности ТО и межремонтных сроков; повышения эффективности использования машин.

#### 2.2.4. Установление периодичности технического обслуживания (ТО)

Плановое техническое обслуживание выполняется при достижении определенной наработки. Наработка может быть принята в условных эталонных единицах (для машины в целом), в мото-часах ресурса, по пробегу автомобиля, по расходу топлива и др.

Все операции ТО условно разделяют на моечно-очистительные, проверочно-осмотровые, смазочные и регулировочные.

**Правила выполнения ТО** – типовой перечень обязательных операций, объединенных по принципу технологического однообразия. Периодичность выполнения операций устанавливают по какому-либо принятому оценочному параметру. В том числе по максимальному значению выработки машины, минимальным удельным издержкам, по сроку достижения предельных значений параметра (статистическим данным) и другим параметрам.

**По выработке машины**, которая снижается при увеличении периодичности из-за падения средней эффективной мощности двигателя и растет за счет увеличения коэффициента использования времени. Характер такой зависимости представлен на рис. 2.3.

Данные рисунка показывают, что при увеличении периодичности средняя мощность двигателя уменьшается за счет нарушения регулировок, изнашивания сборочных единиц и других причин, но при этом увеличивается коэффициент использования времени смены за счет сокращения суммарного времени простоя на техническое обслуживание.

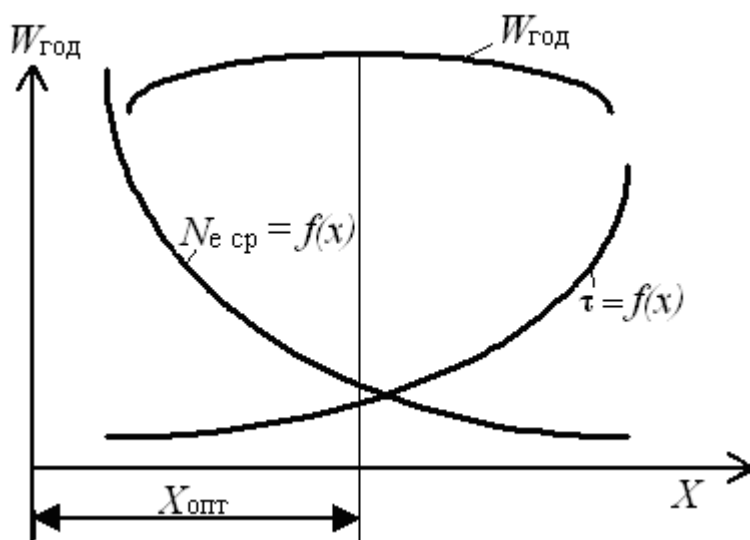


Рис. 2.3. Зависимость выработки (годовой) от периодичности ТО и установление ее оптимального значения:  $N_{\text{е ср}}$  – среднее значение эффективной мощности,  $\tau = T_p/T_{\text{см}}$  – коэффициент использования сменного времени за рассматриваемый период

Выработка машины зависит от того и другого параметра и при определенных их значениях будет максимальной. Абсцисса для максимального значения выработки  $W_{\text{год(max)}}$  даст оптимальное значение периодичности ТО.

По минимальным удельным издержкам определение оптимальной периодичности позволяет учитывать рассеивание случайных значений параметров однотипных машин и устанавливать допускаемое значение параметра, которое зависит от периодичности обслуживания. Целевая функция издержек включает три составляющих

$$S = S_0 + S_{\text{пв}} + S_{\text{ип}} \longrightarrow \min, \quad (2.1)$$

где  $S_0$  – вероятные удельные издержки, связанные с устранением последствий отказа;  $S_{\text{пв}}$  – то же на предупредительное восстановление параметра;  $S_{\text{ип}}$  – то же на измерение параметра.

Путем изменения периодичности и допусков находят минимальные издержки, которые соответствуют оптимальному значению периодичности и допуску на ее значение.

Графическое изображение определения периодичности ТО технико-экономическим методом приведено на рис. 2.4.

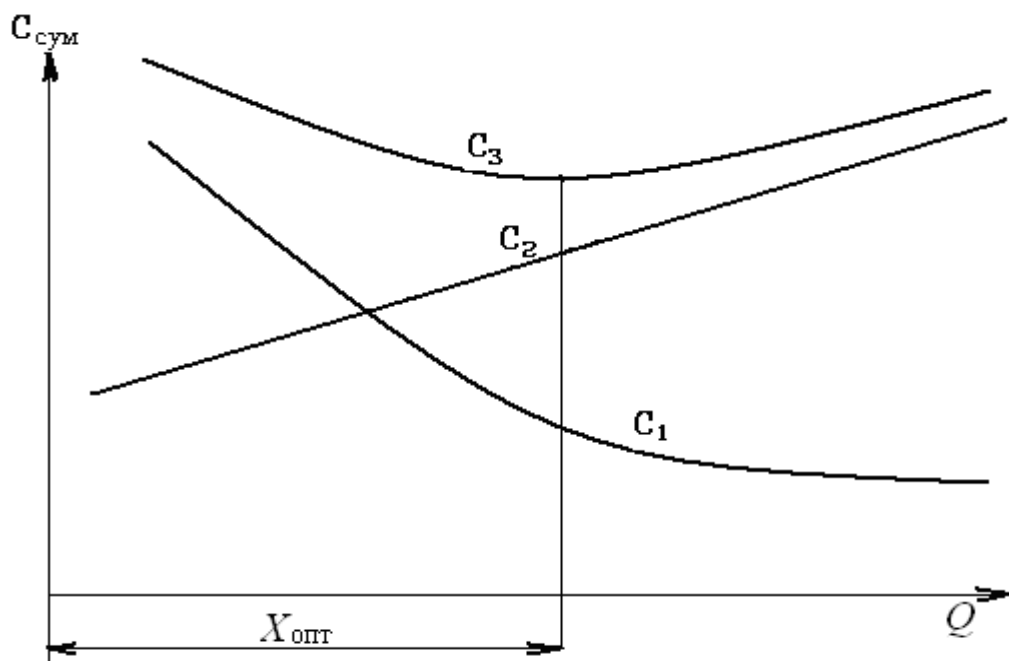


Рис. 2.4. Определение периодичности ТО технико-экономическим методом:

$C_1$  – затраты на ТО;  $C_2$  – затраты на ремонт;  $C_3$  – суммарные удельные затраты:

$Q_{\text{опт}}$  – оптимальная периодичность ТО

Технико-экономический метод определения периодичности ТО также является примером принятия решения в условиях определенности. В этой задаче

элементом решения является оптимальная периодичность ТО, которая соответствует минимуму целевой функции, представляющей собой сумму затрат на ТО и ремонт.

**По сроку достижения предельных значений параметра**, в основе которого лежит закон распределения времени или наработки до предельно допустимого значения параметра (мощности, расхода топлива, производительности и др.). На рис. 2.5 приведена схема установления числовых характеристик статистических данных распределения наработок до предельного состояния.

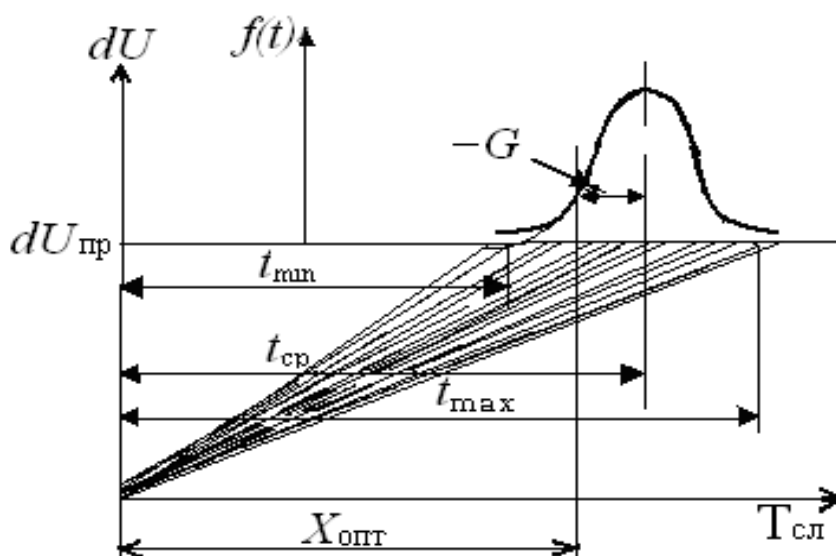


Рис. 2.5. Определение периодичности операции ТО по предельно-допустимому ( $dU_{\text{пр}}$ ) значению параметра с использованием статистических данных:  $f(t)$  – плотность вероятности распределения;  $G$  – среднеквадратическое отклонение;  $t_{\text{min}}$ ,  $t_{\text{ср}}$ ,  $t_{\text{max}}$  – минимальное; среднее и максимальное значения наработки по параметру  $dU_{\text{пр}}$ ,  $T_{\text{сл}}$  – срок службы изделия

Определив числовые характеристики распределения, можно найти значение наработки, при котором следует выполнить операцию обслуживания.

Для нормального распределения (Гаусса – Лапласа) периодичность принимают меньше математического ожидания (среднего значения) на величину среднеквадратического отклонения:

$$X_{\text{опт}} = t_{\text{ср}} - G. \quad (2.2)$$

При таком значении  $X$  только 15 % изделий будут подвергаться выполнению операций ТО после достижения предельных значений параметра. Характер обслуживания можно считать предупредительным.

Уменьшение  $X$  до  $t_{\min}$  приведет к лишнему необоснованному занижению периодичности, а с увеличением до  $t_{\max}$  теряется предупредительный характер обслуживания.

### **2.2.5. Группирование операций и нормативы периодичности технических обслуживаний**

Первоначальный проект правил ТО при подготовке машины к серийному производству создают на основе данных результатов заводских и государственных испытаний, опыта эксплуатации аналогичных изделий на других машинах и теоретических предпосылок.

Обобщение и анализ накопленных материалов в процессе эксплуатации позволяют создать достаточно обоснованную систему обслуживания. При этом предпочтительным является статистический материал, полученный по отдельным сборочным единицам. Операции технического обслуживания подразделяют на обязательные по периодичности и объему и выполняемые по результатам диагностических (проверочных) операций.

Для группирования операций выделяют основные по отношению времени простоя на выполнение операции или затрат средств на срок работы или службы:

$$K_1 = \frac{T_{\text{пр}}}{T_{\text{р}}}, \quad \text{или} \quad K_2 = \frac{3}{T_{\text{сл}}}, \quad (2.3)$$

где  $T_{\text{пр}}$  – время простоя на выполнение операции ТО,  $T_{\text{р}}$  – срок работы и  $T_{\text{сл}}$  – срок службы обслуживаемой сборочной единицы, 3 – затраты на выполнение работ по обслуживанию сборочной единицы.

Основными операциями следует считать те, которые имеют указанные выше отношения выше средних значений по всем операциям.

При этом влияние окажут периодичность и время выполнения операции, стоимость заменяемых элементов и другие факторы. Операции с большими

промежутками между обслуживаниями в систему не включают, так как при большом разбросе интервалов они будут выполняться или слишком рано, или слишком поздно. Такие операции выполняют по потребности – по результатам диагностики.

Опыт эксплуатации техники свидетельствует о том, что многоступенчатые системы ТО с большими сроками между высшими ступенями не эффективны, малое число ступеней себя тоже не оправдало.

### ***Контрольные вопросы***

1. Задачи технического обслуживания машин.
2. Стратегии технического обслуживания машин.
3. Техническое обслуживание машин: виды, периодичность и цикличность.
4. Задачи эксплуатационной обкатки машин.
5. Зависимость износа трущихся поверхностей от результатов обкатки.
6. Установление периодичности технического обслуживания машин: по производительности (выработке); по минимальным удельным издержкам; по сроку достижения предельных значений параметра.
7. Группирование операций и нормативы периодичности технических обслуживаний машин.
8. Методы технического обслуживания машин.



## **2.3. Техническое обслуживание двигателей**

### **2.3.1. Техническое обслуживание тракторных ДВС**

#### ***2.3.1.1. Техническое обслуживание ДВС при эксплуатационной обкатке***

ТО трактора при подготовке к обкатке (по ГОСТ 20793-81) включает осмотр; очистку от пыли и грязи; удаление консервационной смазки; подготовку к работе аккумулятора; проверку уровня масла в емкостях, узлах и агрегатах с дозаправкой, смазку через пресс-масленки согласно карте; проверку и подтяжку резьбовых и других соединений; регулировку натяжения ремней (вентилятора, генератора, компрессора), механизмов управления; проверку и заправку систем питания и охлаждения двигателя; ослушивание двигателя, визуальную проверку контрольных приборов.

Режим обкатки тракторных двигателей выглядит следующим образом.

Обкатке подлежат все агрегаты, узлы и механизмы машины. После пуска двигатель оставляют работать на холостом ходу, начиная с минимальноустойчивой частоты вращения вала двигателя с постепенным увеличением до номинальной (время обкатки 15...20 мин).

При обкатке контролируют утечки топлива и технических жидкостей, ослушивают двигатель и устраняют недостатки.

Обкатку двигателя совместно с машиной (трактором) выполняют на всех передачах. Начинают обкатку с движения без нагрузки в течение 2 часов. Затем нагружают до 25 % и обкатывают от 3 до 6 часов. С нагрузкой 50 % обкатывают 9...12 и 75 % – 15...20 часов. При обкатке контролируют работу двигателя, контрольных приборов и др.

Через три смены проводят проверку и регулировку натяжения приводных ремней, устранение обнаруженных дефектов.

После обкатки проводят ТО-1. ТО по окончании обкатки включает осмотр и очистку; проверку и регулировку натяжения приводных ремней; регулировку зазоров в клапанном механизме; регулировку муфты сцепления; обслу-

живание воздухоочистителя, проверки крепления составных частей, состояния аккумулятора (уровень электролита, клеммы, вентиляционные отверстия); слив отстоя из фильтров грубой очистки топлива, очистку центробежного маслоочистителя; смазку составных частей, замену масла в двигателе и узлах (топливном насосе, редукторе пускового двигателя), промывку системы смазки при неработающем двигателе. Выполняют промывку фильтров осмотр и прослушивание работы составных частей, устраняют неисправности. Подтягивают крепления головок цилиндров, регулируют зазоры в клапанном механизме и др.

### **2.3.1.2. Техническое обслуживание ДВС при использовании по назначению**

Реализация существующей системы технического обслуживания узаконена по регламентации выполнения соответствующих мероприятий.

Приведенная схема (рис. 2.6-а) применима для всех марок тракторов и самоходных шасси, обслуживаемых по периодичности 60...240...960 мото-часов.

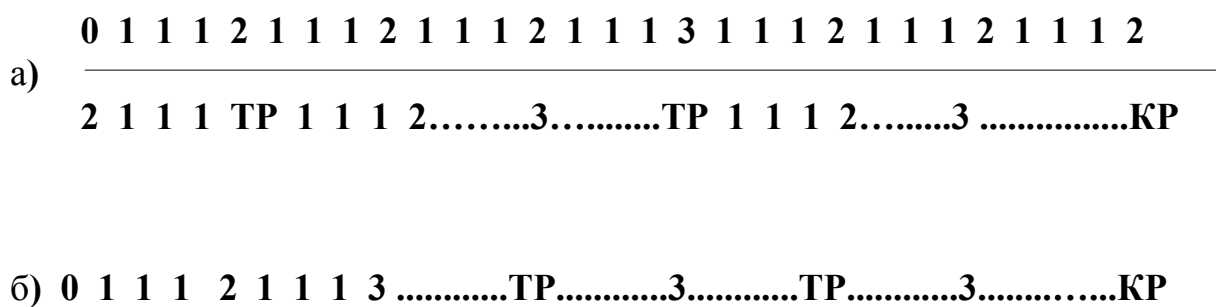


Рис. 2.6. Схема периодичности ТО тракторов: 1 – ТО-1; 2 – ТО-2, 3 – ТО-3;

ТР – текущий ремонт; КР – капитальный ремонт; а – структура ТО для периодичности 60...240...960 мото-часов, б – то же для периодичности 125...500...1000 мото-часов

За ремонтно-эксплуатационный цикл тракторов до капитального ремонта или между капитальными ремонтами проводится один капитальный ремонт, два текущих, три ТО-3, ТО-2 – 18, ТО-1 – 72 единицы.

Заводам-изготовителям рекомендовано принять к реализации другую периодичность для отечественного тракторного парка.

Схема обслуживания по периодичности 125...500...1000 моточасов приведена на рисунке 2.6, б. Периодичность проведения ТО в мото-часах: ТО-1 – 125, ТО-2 – 500, ТО-3 – 1000, ТР – 2000, КР – 6000 мото-часов.

В зависимости от условий работ (особенно их срочности) допускаются отклонения от установленной периодичности на величину  $\pm 10\%$  для ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Заводам-изготовителям разрешен перевод ТО тракторов с периодичности «а» на периодичность «б» после соответствующей модернизации машин.

Допускается выражать периодичность ТО-1, ТО-2 и ТО-3 в других единицах, эквивалентных мото-часам (по расходу топлива и объему механизированных работ в условных эталонных единицах). Нормативы периодичности подвергаются периодическому уточнению.

Ежесменное ТО (ЕТО) проводится каждую смену или через 8...10 часов работы. Сезонное ТО тракторов проводится при переходе с зимней эксплуатации на летнюю (СТО-ВЛ) и с летней на зимнюю (СТО-ОЗ), когда температура воздуха переходит границу плюс 5 °С.

Сезонные обслуживания рекомендуется совмещать с номерными (в первую очередь с ТО-2 и ТО-3).

Замена периодичности «а» на периодичность «б» позволяет сократить количество ТО и уменьшить затраты труда на обслуживание до 30 %.

Нормируются затраты времени и труда для отдельных машин на проведение технических обслуживаний. Нормативы приводятся в соответствующей технической документации, прилагаемой к машине.

### ***2.3.1.3. Планирование технических обслуживаний (ТО)***

ГОСТом определено составление плана-графика проведения ТО для предприятия на каждый месяц. Составлением такого плана должен заниматься инженер по эксплуатации или главный инженер предприятия.

Если в обслуживании машин принимают участие специализированные предприятия, то такой план составляется совместно с инженером соответствующего участка. Утверждают такой план руководитель предприятия, эксплуатирующего технику, и руководитель инженерной службы предприятия.

Для планирования ТО необходимо иметь исходную информацию. В том числе о количестве машин на начало планируемого периода; техническом состоянии машин в виде расхода ресурса после ввода машины в эксплуатацию или после капитального ремонта; плановом задании на каждую машину в моточасах, УЭГА или расходе топлива и плановой периодичности мероприятий (ТО), установленном для отдельных марок машин.

Существенный недостаток в реализации планов ТО состоит в отсутствии твердых заданий отдельным машинам и выполнении ими не учтенных работ. Количество ТО при наличии плановых заданий парку:

– количество капитальных (текущих) ремонтов

$$N_{кр} = Q / \Pi_{кр}; N_{тр} = Q / \Pi_{тр} - N_{кр}; \quad (2.4)$$

– количество технических обслуживаний

$$N_{ТО-3} = Q / \Pi_{ТО-3} - (N_{кр} + N_{тр}); \quad (2.5)$$

$$N_{ТО-2} = Q / \Pi_{ТО-2} - (N_{кр} + N_{тр} + N_{ТО-3}); \quad (2.6)$$

$$N_{ТО-1} = Q / \Pi_{ТО-1} - (N_{кр} + N_{тр} + N_{ТО-3} + N_{ТО-2}); \quad (2.7)$$

или 
$$N_i = Q / \Pi_o - \sum N_{\Pi} \quad (2.8)$$

где  $Q$  – расход топлива (наработка) за планируемый период;  $\Pi_i$  – периодичность соответствующего ТО (ремонта);  $\Pi_o$  – периодичность определяемого ТО;  $\sum N_{\Pi}$  – сумма технических воздействий с более высокой периодичностью.

Расчет количества ТО дает возможность:

– определить потребность в средствах ТО и необходимое количество обслуживающего персонала;

– установить загрузку мастерской или составить договор с сервисным предприятием;

- определить потребность в запчастях;
- решать вопросы использования рабочей силы и др.

Проводить же техническое обслуживание конкретных машин рекомендуется по фактическим данным расхода топлива, ресурса или объема работ. Хорошие результаты дает обслуживание по расходу топлива, так как имеет место точный учет его и разработана соответствующая документация (талонная система, лимитно-учетные книжки и др.) и организация обслуживания применительно к предприятию.

#### ***2.3.1.4. Содержание ТО (на примере тракторных ДВС)***

**При ежесменном ТО** предусмотрены очистка от пыли и грязи; осмотр и устранение течи топлива, масел; проверка уровней и доливка масла в двигатель; заправка топливом и проверка работоспособности двигателя в целом.

**При ТО-1** предусмотрено выполнение операций ЕТО; осмотр и регулировка натяжения приводных ремней; обслуживание воздухоочистителей и аккумуляторных батарей (очистка и смазка клемм наконечников проводов, вентиляционных отверстий; доливка охлаждающей жидкости и других технических жидкостей; слив отстоя из топливных фильтров; проверка уровня масла в узлах и механизмах (по таблице) и при необходимости доливка; смазка других составных частей по карте).

**При ТО-2** предусмотрены все операции ЕТО и ТО-1; проверка и регулировка зазоров в клапанном механизме, муфты сцепления; замена масла и смазка составных частей (по таблице); промывка системы смазки; очистка центробежного маслоочистителя; проверка плотности электролита АБ и степени заряженности, подзарядка; проверка герметичности воздухоочистителя и воздухопроводов. При обнаружении недостатков следует их устранение.

**При ТО-3** предусмотрены операции ЕТО, ТО-1 и ТО-2; ресурсное диагностирование, определение остаточного ресурса ЦПГ, подшипников коленчатого вала двигателя и других узлов и систем; проверка и регулировка топливного насоса и форсунок, зазоров свечей зажигания и прерывателя магнето, муфты

сцепления пускового устройства; проверка стартера, реле-регулятора, состояния электропроводки, показаний контрольных приборов (при обнаружении неисправностей – устранение); замена фильтрующих элементов тонкой очистки топлива, промывка системы охлаждения двигателя; определение мощности и расхода топлива двигателем и работоспособности узлов и механизмов.

**При сезонном осенне-зимнем обслуживании (СТО-ОЗ)** предусмотрена заправка системы охлаждения незамерзающей жидкостью; замена масел летних сортов на зимние и отключение радиатора системы смазки; включение индивидуального подогревателя и установление утеплительных чехлов; повышение плотности электролита до нормативной с учетом максимальных зимних температур; проверка работоспособности средств облегчения запуска двигателя.

**При сезонном весенне-летнем обслуживании (СТО-ВЛ)** предусмотрена замена масел зимних сортов на летние и включение радиатора системы смазки; отключение индивидуального подогревателя от системы охлаждения, снятие утеплительных чехлов; снижение плотности электролита аккумуляторов для использования в летнее время; промывка системы охлаждения и перевод двигателя на летнее топливо.

**Особенности ТО при низких температурах.** Техническое обслуживание при низких температурах следует проводить в теплых помещениях. Если машины хранятся вне отапливаемых помещений, необходимо обеспечить процесс обслуживания установками для разогрева узлов паром или горячим воздухом, устройствами для разогрева масел.

При температуре окружающей среды ниже 30 °С следует применять арктическое топливо по ГОСТ 305-82 (для эксплуатации машин при температуре окружающего воздуха минус 50 и выше содержание серы не более 0,4 %) и специальные сорта масел, рекомендуемые заводами-изготовителями машин. Зимнее топливо марки «З» рекомендуется применять при температуре минус 20°С и выше.

При низкой температуре увеличивается вязкость масла, прокручивание вала двигателя затрудняется. При понижении температуры от плюс 20 до минус

20 °С крутящий момент при прокручивании возрастает более чем в 4 раза. При этом наблюдается интенсивный износ деталей двигателя.

Износ при одном запуске сопоставим с износом при работе двигателя в течение 8 часов при нормальном тепловом режиме. В связи с этим для обеспечения нормальной работы системы смазки надо применять смазочные материалы, рекомендуемые заводами-изготовителями, или подобрать соответствующие сорта (заменители).

В списке литературы приведены рекомендации по разжижению масел для работы при низких температурах. Картерное масло в двигателях рекомендуют разбавлять зимним дизельным топливом (1 % топлива на каждые три градуса отрицательной температуры).

При необходимости рекомендуют разжижать картерные масла индустриальным маслом, тракторным керосином и бензином. Разжижение бензином рекомендуют после остановки двигателя и снижения температуры масла до 50 °С с последующим запуском и работой на малых оборотах в течение 3 минут. Эти рекомендации даны для облегчения запуска и снижения износа в условиях, когда машины хранятся вне теплых гаражей.

Систему охлаждения двигателей заполняют жидкостью, не замерзающей при низких температурах.

### **2.3.2. ТО двигателей, установленных на автомобилях**

#### ***2.3.2.1. Периодичность и содержание ТО автомобильных двигателей***

Исправность машин достигается техническим обслуживанием и ремонтом путем реализации планово-предупредительной системы ТО. Обслуживание автотранспорта производится принудительно в плановом порядке (по пробегу), а ремонтные работы по потребности (после отказа или появления неисправности).

Положение о техническом обслуживании и ремонте регламентирует нормативы периодичности и трудоемкости, перечень операций по видам ТО и корректирование нормативов в зависимости от условий эксплуатации и другое.

Таблица 2.1

## Нормативы периодичности и трудоемкости ТО автомобилей

Модель автомобиля	Периодичность, км		Трудоемкость, чел-ч		
	ТО-1	ТО-2	ЕО	ТО-1	ТО-2
ГАЗ-53А	3000	12000	0,42	2,2	9,1
ЗИЛ-130	3000	12000	0,45	2,5	10,8
МАЗ-5335	4000	12000	0,3	3,4	13,8
КамАЗ-5320	4000	12000	0,5	3,4	14,5

Ежедневное техническое обслуживание (ЕО) включает уборочно-моечные и контрольно-осмотровые работы, заправочные и другие операции. Проводятся они при подготовке машины к работе, по окончании смены, между сменами при многосменной работе.

Контрольно-осмотровые работы включают проверку комплектности и состояния машины, действия контрольно-измерительных приборов и систем, герметичности систем (смазки, охлаждения) и др. Контрольно-осмотровые и заправочные работы выполняет оператор (водитель). Уборочно-моечные работы выполняют рабочие соответствующих постов.

Технические обслуживания ТО-1 и ТО-2 включают операции ЕО и дополнительно крепежные, смазочные, регулировочные, контрольно-диагностические и другие. Эти обслуживания проводят по результатам нормативного пробега для первой категории условий. Нормативы для второй и последующих категорий эксплуатации рассчитывают с помощью коэффициентов, определяемых по соответствующим таблицам. Согласно положению, предусмотрены пять категорий условий эксплуатации – I, II, III, IV, V.

Сезонное техническое обслуживание (СО) проводится два раза в год при переходе с зимней эксплуатации на летнюю и с летней на зимнюю. Самостоятельное обслуживание (СО) планируется в районах холодного климата. В других условиях следует СО совмещать с периодическим – ТО-2.

### **2.3.2.2. Нормативы ТО и Р. Корректирование нормативов**

Если условия эксплуатации отличаются от I категории, производится корректирование нормативов с учетом конкретных условий.



**Ресурсное корректирование** предназначено для создания в АТП сопоставимых условий работы (на общегосударственном, отраслевом и внутриотраслевом уровнях).

**Оперативное корректирование** предназначено для обеспечения эффективного использования на предприятиях трудовых и материальных ресурсов (на внутриотраслевом и хозяйственном уровнях).

Корректирование ведется в зависимости от условий эксплуатации с учетом условий движения транспортных средств (за городом, в городе с населением – 100 тысяч жителей и более 100; вида дорожного покрытия от цементобетона до дорог без твердого покрытия (Д1...Д6); рельефа местности, определяемого высотой над уровнем моря от категории (до 200 м) до уровня свыше 2000 м в диапазоне (Р1...Р5).

Корректированию подвергаются количественные значения нормативов технического обслуживания и ремонтов (пробег и другие), перечень операций ТО, соотношения между объемами работ ТО и ТР (в ТО включается часть операций текущего ремонта ТР, часто повторяющихся). Результаты корректирования для предприятий подлежат согласованию с вышестоящей организацией.

Корректирование нормативов в связи с учетом конкретных условий эксплуатации выполняется на основе результатов диагностирования технического состояния машин.

Таблица 2.2

Коэффициенты корректирования нормативов ТО и КР (К1)\*

Категория условий эксплуатации	Нормативы			
	Периодичность ТО	Удельная трудоемкость ТР	Пробег до КР	Расход запасных частей
I	1,0	1,0	1,0	1,0
II	0,9	1,1	0,9	1,10
III	0,8	1,2	0,8	1,25
IV	0,7	1,4	0,7	1,40
V	0,6	1,5	0,6	1,65

\* После определения периодичности ТО проверяется ее кратность и устанавливается с округлением до целых сотен километров.

При корректировании нормы пробега до КР двигателя коэффициент  $K_1$  принимается равным 0,7 – для III категории условий эксплуатации; 0,6 – для IV и 0,5 – для V категории.

Коэффициент  $K_1$  корректирования норм расхода запасных частей для двигателя равен: 1,4 – для III категории условий эксплуатации; 1,65 – для IV, 2,0 – для V категории.

Корректирование нормативов на ТО и ремонт ведется по модификациям подвижного состава –  $K_2$ ; в зависимости от природно-климатических условий –  $K_3$ ; то же от пробега с начала эксплуатации –  $K_4$  и  $K_4'$ ; то же от размеров АТП и количества технологически совместимых групп подвижного состава –  $K_5$ .

Коэффициент корректирования, равный единице, принимается в качестве исходного для первой категории условий эксплуатации; базовых моделей автомобилей; умеренного климата и умеренной агрессивности окружающей среды; пробега подвижного состава 50...75 % от начала эксплуатации до КР; для АТП с количеством обслуживаемых и ремонтируемых машин 200...300 единиц подвижного состава и при наличии 3 технологически совместимых групп.

Значение коэффициента  $K_2$  корректирования нормативов принимается в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы.

Для расчета отдельных нормативов ТО и ремонта на общегосударственном и отраслевом уровнях допускается применение в качестве исходных усредненных условий эксплуатации с использованием коэффициентов корректирования, приведенных выше.

Результирующий коэффициент корректирования нормативов рассчитывается путем перемножения частных коэффициентов. В том числе:

$$\text{– корректирующий периодичность ТО } K_{п\text{ то}} = K_1 \cdot K_3; \quad (2.9)$$

$$\text{– то же, пробег до КР } K_{п\text{ кр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3; \quad (2.10)$$

$$\text{– то же, трудоемкость ТО } K_{т\text{ то}} = K_2 \cdot K_5; \quad (2.11)$$

$$\text{– то же, трудоемкость ТР } K_{т\text{ тр}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (2.12)$$

$$\text{– то же, расход запасных частей } K_{р\text{ зч}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3. \quad (2.13)$$

Значения коэффициента  $K_3$  корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий  $K_3 = K_3^1 \cdot K_3^{11}$  различаются по категориям: умеренный климат, умеренно теплый, умеренно теплый влажный, теплый влажный, жаркий сухой (очень), умеренно холодный, холодный, очень холодный. Коэффициент  $K_3^{11}$  применяется при работе машин с высокой агрессивностью окружающей среды.

Нормативы корректируются для серийных моделей, в конструкции которых не учтены особенности работы в данных условиях. Агрессивность окружающей среды учитывается при постоянном использовании машин для перевозки химических грузов, вызывающих интенсивную коррозию.

Результирующие коэффициенты корректирования нормативов периодичности ТО и пробега до КР должны быть не менее 0,5.

Продолжительность простоя подвижного состава на техническом обслуживании и ремонте корректируется путем перемножения значений нормативов, приведенных выше, на коэффициент  $K_4^1$ , зависящий от пробега с начала эксплуатации.

Значения коэффициента  $K_4$  – удельной трудоемкости ТР и  $K_4^1$  – продолжительности простоя на ТО в зависимости от пробега с начала эксплуатации определяются в соответствии с долями от нормативного пробега до КР (в диапазоне до 0,25...свыше 2).

Значение коэффициента  $K_5$  корректирования нормативов ТО и ТР в зависимости от количества обслуживаемых и ремонтируемых единиц подвижного состава на АТП (диапазон до 100...свыше 600 единиц) и от количества технологически совместимых групп машин – менее 3,3 и более 3.

Распределение подвижного состава по технологически совместимым группам при ТО и ТР приведено в приложении «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автотранспорта». Количество машин в технологически совместимой группе должно быть не менее 25.

### **2.3.2.3. Повышение эффективности использования автомобильных двигателей**

Основными путями повышения эффективности ДВС автомобилей в различных условиях эксплуатации являются: реализация установленных объективных норм (нормативов) и оптимизация их номинальных значений с учетом длительности эксплуатации; повышение надежности элементов и изделий в целом; улучшение (по возможности) условий эксплуатации; повышение приспособленности двигателя к условиям эксплуатации; системность подхода к решению проблемы.

Реализация объективных норм (нормативов) способствует оптимизации управления эксплуатацией автомобилей; повышает результативность работ; снижает затраты трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Нормы и нормативы устанавливают на расход топлива, периодичность ТО, трудоемкость ТО и ремонта, расход запасных частей, срок службы и др.

Автомобили (двигатели) разных марок и моделей имеют различный уровень надежности и приспособленности. В связи с этим требуется применение различных значений коэффициентов корректирования нормативов. Это одна из задач создателей машин.

Для заданных условий эксплуатации коэффициент корректирования определяется отношением

$$K_k = \frac{Y}{Y_6}, \quad (2.14)$$

где  $Y$  – значение параметра в заданных условиях эксплуатации;  $Y_6$  – базовое значение параметра (значение  $Y$  в наиболее типичном интервале условий эксплуатации, для которого  $K = 1$ ).

Определять нормы для заданных условий следует выполнять согласно функции (в общем виде)

$$Y = f_1(Y_n, L, N, X, A), \quad (2.15)$$

где  $Y_n$  – значение показателя для нормальных условий (номинальное значение);  $L$  – длительность эксплуатации;  $N$  – надежность автомобиля;  $X$  – условия эксплуатации;  $A$  – приспособленность машины к условиям.

Развертывание формулы позволяет получить зависимости, позволяющие повысить точность прогнозирования технического состояния машины.

Другой путь улучшения показателей эффективности машины – оптимизация номинальных значений параметра  $Y_n$ . Задача состоит в том, чтобы при негативном влиянии длительности и условий эксплуатации реализуемые значения оставались на достаточно высоком уровне. Уравнение для расчета номинального значения параметра (в общем виде)

$$Y_n = f_2(Y, L, N, X, A). \quad (2.16)$$

На величину параметра  $Y$  оказывает влияние как номинальное значение, так и разность между номинальным  $Y_n$  и оптимальным его значением  $Y_{\text{опт}}$ , которая зависит от учета стандартных и реальных условий при создании и использовании ДВС и машины в целом.

Длительность эксплуатации снижает эффективность работы машины. В этом случае выход состоит в том, что бы после определенного срока эксплуатации ДВС (машины) в тяжелых условиях, переместить изделие в более легкие, где его показатели могут сохраняться еще длительное время, обеспечивая достаточный уровень надежности и безопасности.

Значение наработки ДВС (машины) в заданных условиях можно выразить так:

$$L = f_3(Y, Y_n, N, X, A). \quad (2.17)$$

Длительность эксплуатации должна быть определена исходя из минимальных значений удельных суммарных затрат на изготовление и эксплуатацию ДВС (машины). Повышение надежности – один из путей повышения эффективности рабочего процесса машины.

Из-за тяжелых природно-климатических и других условий заложенный уровень надежности может быть значительно снижен. Условием обеспечения эффективности работы изделия является поддержание эксплуатационной надежности, значение которой можно выразить функцией

$$N = f_4(Y, Y_n, L, X, A). \quad (2.18)$$

Установлено, что повышение надежности при создании техники (за счет конструкторско-технологических мероприятий) обходится народному хозяйству дешевле, чем обеспечение ее при эксплуатации.

Показатели эффективности использования ДВС зависят от условий эксплуатации. Особо это проявляется при значительном отличии рядовых условий от стандартных. Можно повысить эффективность работы в таких условиях за счет оптимизации методов и средств межсменного хранения машин при низких температурах; улучшения снабжения запасными частями; применения соответствующих ТСМ и др.

Определить условия эксплуатации, при которых эффективность использования ДВС машины с установленным уровнем приспособленности к данным условиям, определенной длительностью эксплуатации и надежностью можно через функцию

$$X = f_5(Y, Y_n, N, L, A). \quad (2.19)$$

Решение функции позволит получить параметр рационального использования машины в определенных условиях.

Повышение эффективности возможно и за счет приспособленности двигателя к условиям эксплуатации. Показатели приспособленности можно улучшить за счет конструктивных и эксплуатационных мероприятий. Среди эксплуатационных мероприятий – использование теплых помещений для стоянки машин и средств для прогрева ДВС перед запуском, использование пусковых жидкостей и др. Среди конструктивных мероприятий – установка на ДВС индивидуальных подогревателей; рациональное сочетание зазоров трущихся поверхностей (пар) и используемых смазочных материалов; применение системы поддержания нормальной температуры ДВС.

Уровень приспособленности можно установить через функцию

$$A = f_6(Y, Y_n, N, X, L). \quad (2.20)$$

Этот уровень определяется исходя из номинальных показателей эффективности использования ДВС машин; обеспечения заданных условий эксплуатации и реализуемых показателей для данных условий.

Объединительным (заключительным) направлением в повышении эффективности ДВС машин следует считать системность подхода с учетом рассмотренных выше направлений. Системный подход позволяет расширить возможности каждого из них за счет использования функциональных зависимостей составляющих параметров, входящих в приведенные выше зависимости. Для конкретных случаев следует находить критерий оптимизации и определять наивыгоднейшее значение его с учетом существующих ограничений.

Для целенаправленного управления реализуемыми показателями надежности служит нормирование показателей надежности и приспособленности, внесение их в нормативно-техническую и конструкторскую документацию.

Заводы-изготовители зачастую игнорируют установленные показатели приспособленности конструкции (в том числе к низким температурам) по расходу топлива, долговечности и др. Это приводит к излишней потере ресурсов при эксплуатации машин в северных районах. Там экономически выгоднее использовать более дорогие, но обладающие достаточной приспособленностью к этим условиям машины.

ГОСТ 20306-85 устанавливает требования к отражению в технической документации данных по расходу топлива для ДВС на автомобилях как контрольному значению, так и в связи с условиями (на дороге, в городе и др.) в зависимости от скоростного режима.

При наличии достаточного набора характеристик изделия легче найти потребителя, заинтересовать его и выгодно реализовать продукцию, организовать рекламу и выйти победителем в конкурентной борьбе среди отечественных и зарубежных создателей современных двигателей.

### ***Контрольные вопросы***

1. Техническое обслуживание тракторных ДВС при эксплуатационной обкатке (содержание).
2. Техническое обслуживание тракторных ДВС при использовании по назначению (схема и содержание).
3. Планирование технических обслуживаний тракторных ДВС.

4. Особенности ТО машин при низких температурах.
5. Сформулировать цель ТО.
6. В чем суть ТО по потребности?
7. В чем суть регламентного ТО?
8. В чем заключается плановость и предупредительность ТО?
9. Цель и задачи эксплуатационной обкатки.
10. Основные параметры, для установления периодичности ТО.
11. Какова периодичность ТО за автотранспортом?
12. Как рассчитать количество ТО по видам?
13. Содержание ТО при обкатке.
14. Содержание ТО при использовании автомашины.
15. Корректирование периодичности ТО автомобилей.

## **2.4. Техническое диагностирование машин**

### **2.4.1. Основные понятия и определения технической диагностики**

Работоспособность машин, их готовность выполнять свои функции обеспечивается использованием их по назначению; техническими восстановительными воздействиями (ТО, ремонты и др.); соблюдением правил хранения.

Виды технических воздействий реализуются по потребности (отказ, авария и др.); планово-предупредительно (по расходу топлива, выработке и др.); по результатам обследования (диагностирования), т. е. при определенной оптимизированной потребности.

Последний вид воздействий является усовершенствованной формой предыдущего. В этом случае содержание работ по ТО зависит от результатов диагностирования и прогнозирования состояния машины в целом и отдельных ее узлов и элементов. При этом сокращаются простои техники при обслуживании, меньше выполняется разборочно-сборочных работ, уменьшаются затраты средств, экономятся материалы, продлевается ресурс машины, увеличиваются производительность и сезонная выработка.



Несмотря на достоинства применения диагностирования, последнее не нашло применения его в полной мере. Это объясняется во многом недостаточной приспособленностью техники к диагностированию; несовершенством методов и средств, находящихся на вооружении.

Состояние машины может быть определено показателями ее функционирования, характеризующими рабочий процесс, и показателями, характеризующими изменение ресурса сборочных единиц машины.

Показатели функционирования машины демонстрируют количество и качество продукции, получаемой при использовании машины, и прямые и косвенные потери (рис. 2.6).

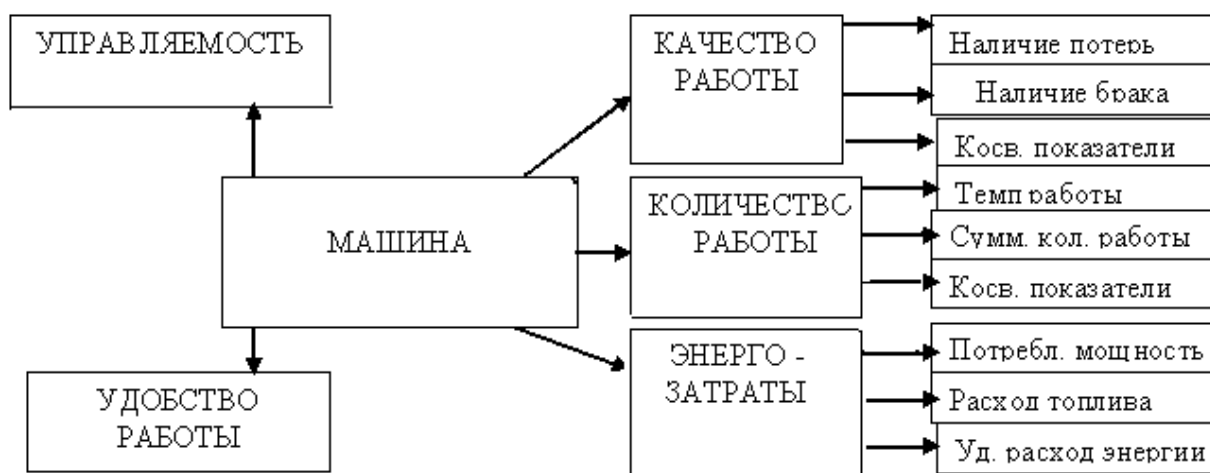


Рис. 2.6. Показатели, характеризующие рабочий процесс машины

Показатели, характеризующие изменение ресурса (рис. 2.7), используются при диагностировании для предотвращения аварий, оценки и продления срока службы, оптимизирования и снижения эксплуатационных затрат.

Для получения надежного диагноза, гарантирующего исправную работу машины на определенный срок (ресурс), важно выбрать такой минимальный набор контрольных показателей, после определения которых и проведения по их результатам профилактических и ремонтных операций исключить отказы по техническим причинам.

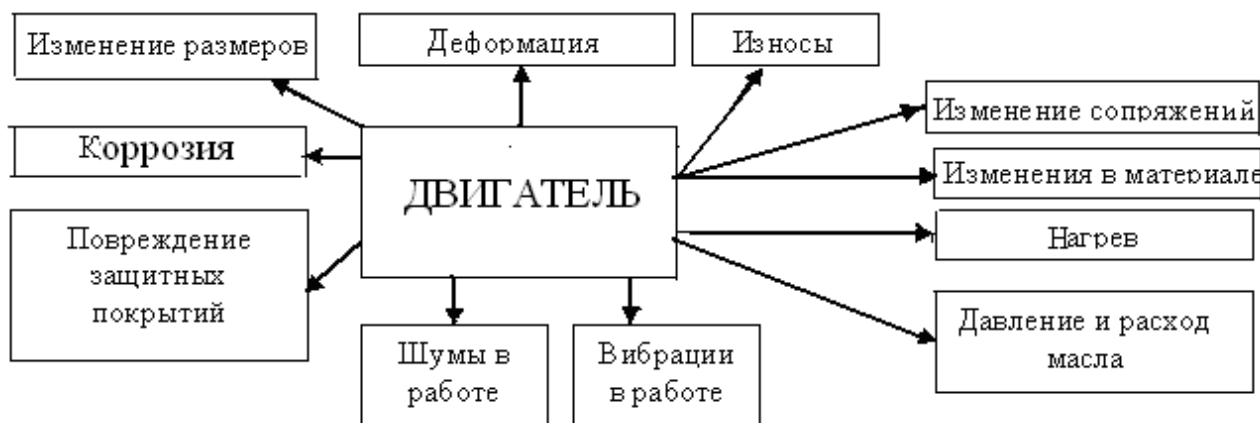


Рис. 2.7. Показатели, характеризующие ресурс машины

Согласно определению (ГОСТ 20911-75), техническая диагностика как отрасль знаний исследует техническое состояние объектов диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывает методы определения этих состояний, а также принципы построения и организацию использования систем диагностирования.

Как мероприятие по ТО машин, диагностирование – определение состояния и остаточного ресурса изделий или их частей без разборки или с частичной разборкой.

Применение диагностических методов и средств – одно из основных мероприятий по сохранению высокой надежности и эффективности техники в процессе эксплуатации.

Диагностирование играет весьма важную роль в управлении техническим состоянием машин. В этом управлении диагностика выполняет основные функции, такие как получение информации о техническом состоянии машины (шум, вибрация, качество работ и др.); обработка и анализ информации (расчеты параметров по полученным данным и сравнение их с нормативами); подготовка и принятие решения (анализ результатов сравнения, прогнозирование остаточного ресурса, определение срока и объема работ по ТО и ремонту). Из этого можно заключить, что в широком смысле диагностирование – процесс управления техническим состоянием машин.

Широкое и глубокое (повсеместное) внедрение технической диагностики позволит перейти на более прогрессивную форму технического обслуживания и ремонта машин – по состоянию.

#### **2.4.2. Сущность и содержание диагностики**

**Диагностирование** – процесс определения технического состояния машины и отдельных ее механизмов и узлов без разборки или с частичной разборкой.

Различают диагностирование объективное – приборное и субъективное – органами чувств человека (органолептическое).

Диагностирование ведется, как правило, по внешним признакам путем измерения величин проявляющихся признаков (шум, вибрация и др.), характеризующих состояние объекта, сравнения их с нормативными. Для обеспечения целенаправленности работ разрабатываются соответствующие алгоритмы (совокупность последовательных действий), которые обеспечивают возможность кратчайшим путем сделать заключение о состоянии объекта.

**Система диагностирования** включает объект диагностирования, средства (приборы, оборудование, материалы), алгоритмы, методы, методики выполнения работ.

Объект диагностирования характеризуется с одной стороны необходимостью диагностирования в связи с закономерностями изменения технического состояния и затратами на поддержание работоспособности; с другой – возможностью диагностирования, которая обусловлена наличием внешних признаков проявления неисправностей и их доступностью для измерения.

**Средства диагностирования** делятся на внешние и встроенные (составные части машины), ручные и автоматизированные.

**Системы диагностирования** подразделяются:

– на функциональные (в процессе работы) и тестовые (искусственное воспроизведение процесса);

- универсальные (для нескольких процессов – параметров) и специальные (для одного процесса);
- общие (для изделия в целом) и локальные (для составных частей);
- ретроспекции (определение состояния в прошлом) и прогнозирование (определение состояния на будущее).

Кроме того, различают диагностирование периодическое – перед ТО, ремонтом – и непрерывное – в процессе эксплуатации.

Успешное внедрение диагностирования связано с окупаемостью затрат эксплуатационных и капитальных, а также со снижением затрат на ТО и ремонты.

В то же время снижение затрат на ТО за счет диагностирования зависит от коэффициента вариации ресурса, затрат на аварийные ремонты, на профилактические работы и на диагностирование. По расчетам затраты за счет диагностирования на ТО и ремонт могут быть снижены до 25 %. Следует учитывать при этом и безопасность применения, и более полное использование ресурса машин.

На эффективное использование диагностирования оказывает влияние контролепригодность машин и их составляющих.

**Контролепригодность** – приспособленность машины к проведению диагностирования, обеспечение достоверности диагноза при минимальных затратах труда и средств. Оценивается контролепригодность коэффициентом

$$K_k = \frac{H_o}{H_o + H_d}, \quad (2.21)$$

где  $H_o$  – основная трудоемкость,  $H_d$  – дополнительная (подготовка к диагностированию и др.).

Кроме того, контролепригодность оценивается доступностью к объектам, удобством работ, обеспеченностью встроенными датчиками, исключением разрыва цепей и др.

Контролепригодность свидетельствует о совершенстве машин, их конкурентоспособности и зависит от профессиональности конструктора – создателя техники. Нормативы контролепригодности должны задаваться на стадии проек-

тирования с учетом достижений мирового уровня (мини-ЭВМ, индикаторы, датчики и др.).

Классифицируются виды диагностирования с нескольких сторон. По ГОСТ 20407-75 установлены следующие виды системы диагностирования:

- по степени охвата изделия – локальные (для отдельных составных частей) и общие (для всего изделия);
- по характеру взаимодействия между объектом и средством диагностирования – функциональные (во время функционирования объекта, когда на объект поступают только рабочие воздействия) и тестовые диагностирования (на объект подаются тестовые воздействия); при необходимости могут использоваться системы функционального и тестового диагностирования;
- по используемым средствам диагностирования – универсальные и специализированные, встроенные и внешние средства;
- по степени автоматизации диагностирования средства подразделяются на автоматические, автоматизированные и ручные.

Задачами систем диагностирования являются проверка исправности изделия, а также работоспособности и функционирования и поиск дефектов.

В основном системы диагностирования при производстве изделия применяются в процессе наладки и приемки; при его эксплуатации. В области эксплуатации диагностирование применяется:

- а) при техническом обслуживании в период использования (перед применением, при применении, после применения);
- б) при техническом обслуживании в период хранения (перед установкой на хранение, в процессе хранения, при подготовке к использованию после хранения);
- в) при техническом обслуживании при транспортировании (перед транспортированием, в процессе транспортирования и при подготовке к использованию после транспортирования);
- г) при ремонте изделия (перед ремонтом, в процессе и после ремонта).

ГОСТ допускает дополнения или изменения технических требований по применению систем диагностирования в соответствии со спецификой объекта диагностирования в зависимости от назначения, условий производства, эксплуатации и ремонта.

Для каждой области применения системы должна быть назначена достоверность диагноза и глубина поиска дефектов. При этом должны быть учтены надежность изделия и его составных частей; контролепригодность и восстанавливаемость; стоимость и трудоемкость диагностирования, восстановления.

Конструкция объектов и средств диагностирования должна обеспечивать безопасность и удобство работ с учетом требований технической эстетики и эргономики.

В результате рассмотрения видов систем диагностирования определение **системы** диагностирования будет выглядеть следующим образом.

**Система технического диагностирования** – совокупность средств и объекта диагностирования и, при необходимости, исполнителей, подготовленная к диагностированию или осуществляющая его по правилам, установленным соответствующей документацией.

Объектами технического диагностирования являются двигатели и машины в целом (тракторы, автомобили и другие технические средства). Состояние их определяется путем сравнения полученных значений параметров в результате испытаний с допустимыми значениями.

Получение значений параметров посредством механических средств связано с частичной разборкой сборочных единиц машин, что сопряжено с большими трудозатратами. Применение электроизмерительной техники, основанной на преобразовании неэлектрических величин (давление, температура, вибрация и др.) в электрические сигналы с помощью датчиков с последующей обработкой их и формированием диагностических параметров электронными устройствами улучшает эффективность процесса диагностирования.

## **2.4.3. Принципы и методы диагностирования объектов**

### ***2.4.3.1. Принципы и методы диагностирования тракторных двигателей***

Диагностирование – составная часть ТО и ремонта. Оно обеспечивает проведение ТО и ремонта по техническому состоянию тракторных ДВС. При этом содержание работ по обеспечению работоспособности составных частей машин определяется на основе диагностических операций. Перечень работ по диагностированию, последовательность и требования к их выполнению отражены в соответствующей документации на ТО и ремонты. Там же указывается перечень подготовительных работ и требования к ним.

Диагностирование при ЕТО выполняют с использованием встроенных и имеющихся в ЗИПе приборов, путем осмотра и ослушивания в работе. Другие диагностирования выполняют с применением внешних средств диагностирования и встроенных контрольно-измерительных приборов.

Ресурсное диагностирование проводится для установления необходимости капитального ремонта составных частей, а затем и текущего. Результаты диагностирования заносят в акты на производство работ и (или) в карты технического состояния, форму которых устанавливают эксплуатирующие и обслуживающие ведомства.

Методы диагностирования по характеру измерения диагностических параметров могут быть прямые (непосредственное измерение) и косвенные – измерение через сопутствующие явления.

Прямые методы заключаются в прямом (непосредственном) измерении параметров диагностируемых изделий (прогиб ремней, зазоры и др.). Широкое применение они нашли в диагностировании легкодоступных узлов и механизмов, не требующих разборки.

Косвенные методы основаны на измерении косвенных параметров (давление, температура, шум, вибрация и др.), которые в достаточной степени соответствуют техническому состоянию механизмов и систем.

Кроме того методы диагностирования подразделяют на органолептические (субъективные) и инструментальные (объективные).

**Органолептические** (субъективные) методы основаны на ослушивании, осмотре, осязании и обонянии.

Ослушиванием определяют характер стуков, шумов; нарушения ритма работы; прорыв воздушной системы и другие неисправности.

Осмотром определяют наличие подтеканий ТСМ и технических жидкостей через неплотности емкостей и топливопроводов, характер дымления двигателя и другие проявления недостатков в работе.

Осязанием обнаруживают места излишнего нагрева сборочных единиц, вибрацию сборочных единиц, степень вязкости жидкости и т. д.

Обонянием обнаруживают утечку бензина и электролита, подгорание муфт сцепления, перегрев электропроводки и другие выделения при работе систем двигателя.

**Инструментальные** (объективные) методы предполагают использование диагностических средств различного назначения и возможностей. По назначению методы диагностирования подразделяют на функциональные и ресурсные.

Функциональные предназначены для определения параметров состояния изделия, которые характеризуют функциональные свойства узлов и агрегатов.

Ресурсные методы предназначены для определения остаточного ресурса сборочных единиц (элементов) и машины в целом.

По физическому принципу (процессу) диагностирования выделяют методы: энергетический, магнитоэлектрический, спектрографический, пневмогидравлический, виброакустический, тепловой и другие.

**Энергетический** основан на измерении энергетических параметров (сила, мощность, расход топлива). Для этого используют тормозные стенды, бестормозные методы, по параметрам ускорения на неустановившихся режимах работы двигателя (ИМД-Ц).

**Спектрографический** метод исследует наличие в маслах продуктов износа в результате использования изделия по назначению.



**Пневмогидравлический** метод связан с измерением давления в системах смазки, гидросистеме, цилиндрах двигателя и других элементах ДВС.

**Виброакустический** метод основан на измерении амплитуды колебаний твердых тел (сборочных единиц), окружающей среды (воздуха) в диапазонах частот, присущих объекту диагностирования. При этом используют приборы ЭМДП, стетоскопы и другие.

Все рассмотренные методы отличаются производительностью, универсальностью, затратами труда и средств, стоимостью оборудования, точностью измеряемых параметров и другими особенностями. Эффективность применения их связана в основном с объемами работ и географией распределения объектов диагностирования.

#### ***2.4.3.2. Диагностические параметры и нормативы***

**Диагностические параметры** – физические величины, пригодные для измерения, связанные с параметрами технического состояния системы и ее элементов и несущие информацию об их состоянии.

Для двигателя это параметры рабочих процессов (мощность, расход топлива); параметры сопутствующих процессов (шум, вибрация, прорыв газов в картер); геометрические величины (зазоры, сопряжения и др.).

Диагностические параметры должны обеспечивать достоверность и экономичность диагностирования машин и обладать достаточной чувствительностью, однозначностью, стабильностью, информативностью.

**Чувствительность** диагностического параметра можно выразить отношением

$$K_{\text{чп}} = \frac{d\Pi}{dx}, \quad (2.22)$$

где  $d\Pi$  – величина изменения параметра за период наработки  $dx$  (рис. 2.8)

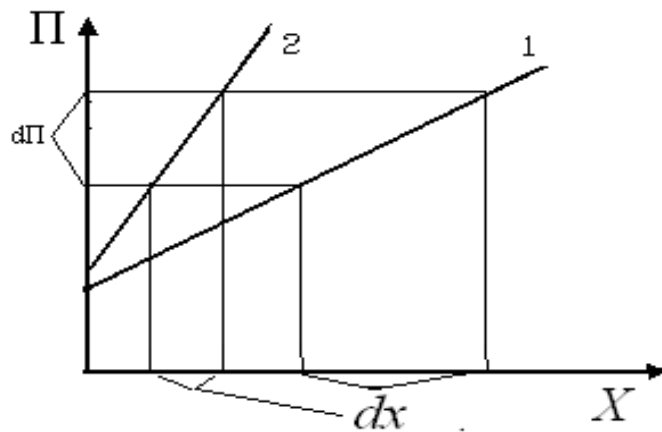


Рис. 2.8. Зависимость параметра от наработки изделия

Из сравнения  $K_{\text{чп}}$  для 1 и 2 зависимости видно, что чувствительность параметра по зависимости 2 выше, чем по 1 за счет величины  $dx$ .

**Однозначность** параметра означает отсутствие экстремума параметра от наработки ( $d\Pi / dX = 0$ ) в диапазоне между начальным значением параметра и предельным.

**Стабильность** параметра характеризуется вариацией текущих значений параметра и оценивается среднеквадратическим отклонением  $G$

$$G = \sqrt{\frac{\sum (\Pi_i - \Pi_{\text{ср}})^2}{n - 1}}, \quad (2.23)$$

где  $\Pi_i$  и  $\Pi_{\text{ср}}$  – текущие и среднее значения параметра,  $n$  – количество значений.

**Информативность** характеризует достоверность параметра. Ее оценивают сравнением плотностей распределения значений параметра, соответствующих исправному и неисправному состоянию объекта диагностирования. Для количественной оценки информативности можно использовать величину перекрытия (площадь  $F$  – рис. 2.9) – вероятность ошибки диагноза.

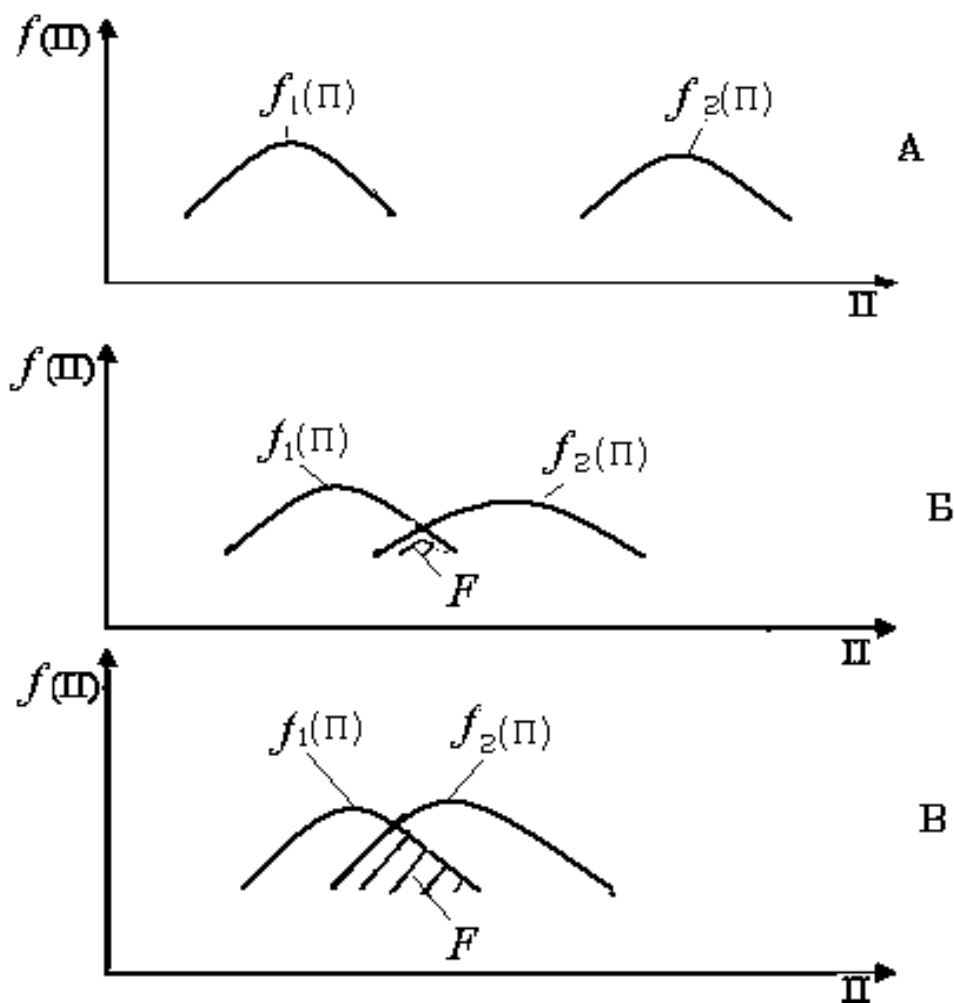


Рис. 2.9. Зависимость плотности распределения функции от параметра:

$f_1(\Pi)$  – значения соответствуют исправному состоянию объекта;

$f_2(\Pi)$  – соответствуют неисправному состоянию объекта

Она зависит от среднего значения параметра и разброса вокруг среднего значения. В связи с этим информативность можно оценивать соотношением

$$\Psi = \frac{|\Pi_1 - \Pi_2|}{G_1 + G_2}, \quad (2.24)$$

где  $|\Pi_1 - \Pi_2|$  – абсолютная разность значений параметра,  $G_1$  и  $G_2$  – среднеквадратическое отклонение для зависимостей  $f_1(\Pi)$  и  $f_2(\Pi)$ .

По варианту А можно говорить о высокой информативности параметра. По варианту Б информативность следует оценивать с осторожностью, а по варианту В достоверность диагноза оценить нельзя.

При оценке состояния изделия полученные значения параметра сравниваются с нормативными, которые устанавливаются ГОСТ и другими техническими документами.

Различают нормативы начальные, допустимые и предельные.

**Начальное** (номинальное) значение норматива, характерное для новых изделий, используется как ориентир для восстановительных операций при ТО и ремонте.

**Предельные** значения нормативов свидетельствуют о нецелесообразности дальнейшей эксплуатации объекта по экономическим соображениям или требованиям безопасности.

**Допустимое** значение нормативов является основным при периодическом диагностировании при использовании планово-предупредительной системы ТО. На его основе принимается решение о состоянии объекта и необходимости восстановления ресурса и объема профилактических (ремонтных) работ. Разработаны методы определения допустимого значения параметра исходя из затрат на ТО и потерь в результате отказов.

#### ***2.4.3.3. Технологические и организационные основы диагностирования***

В зависимости от сложности объекта и поставленных задач различают общий диагноз и локальный. Общий диагноз определяет уровень соответствия объекта общим требованиям, а локальный устанавливает наличие конкретных неисправностей и причины их возникновения. Если при общем диагнозе выявлено отклонение параметра от допустимого, проводится локальное диагностирование для выявления причин неисправности и их устранения.

**Методы диагностирования.** Исходя из физической сущности, методы диагностирования делят на 3 группы (согласно категориям диагностических параметров):

– измерения параметров эксплуатационных свойств двигателя (машины) (динамичность, топливная экономичность...) – общее диагностирование;

– измерения параметров процессов, сопровождающих функционирование двигателя и его составляющих (шум, вибрация, нагрев...) – локальное диагностирование;

– измерения геометрических величин непосредственно сборочных единиц (прогиб приводного ремня ...) – локальное диагностирование.

**Средства диагностирования** делят на устройства для создания тестового режима (стенды, установки); датчики для фиксирования параметров (в виде электрического сигнала и др.); устройства для обработки сигнала, индикации сигналов и передачи органам управления.

Различают внешние средства диагностирования и встроенные.

**Внешние** – переносные приборы, передвижные станции с набором устройств и стационарные стенды.

**Встроенные** – датчики, приборы для непрерывного или часто выполняемого измерения параметров. Простейшие из них размещены на щитке приборов.

Имеют место диагностические средства, представляющие собой комбинацию внешних и встроенных средств – датчики встроены и имеют выводы для подключения регистрирующей (внешней) аппаратуры.

**Процессы диагностирования** (в соответствии со средствами диагностирования) подразделяют на тестовые воздействия (нагружающие, или имитирующие нагрузку), на объект диагностирования (стенды, переносные устройства; измерение параметров (встроенные и съемные устройства); обработку информации и постановку диагноза (сравнение полученного сигнала с нормативным). Заканчивается процесс диагностирования увязкой с ТО.

Для этого используются такие средства как **алгоритмы** (структурное изображение рациональной последовательности отдельных операций) и технологические карты, включающие нумерацию переходов, используемые технические средства и материалы, состав исполнителей и др.

Организация диагностирования связана с организацией ТО и ремонта.

Для транспортных средств контроль на линии за состоянием двигателя осуществляется встроенными приборами визуально и автоматизировано. Ежедневное ТО сопровождается осмотром (визуально и по приборам).

Для диагностирования при ТО-1 используется набор простых средств и приборов Д-1 (в основном для механизмов, обеспечивающих безопасность работы). Диагностирование Д-2 проводят перед ТО-2 и текущим ремонтом ТР. Оно носит более углубленный характер. Проводится при этом и ресурсное диагностирование.

В управлении техническим состоянием машин диагностирование участвует следующим образом. Во-первых, оно несет управленческие функции на уровне звена «слесарь – двигатель – автомобиль». Здесь диагностирование связано с технологией проведения операций ТО. Во-вторых, в звене «центр управления – отдел подготовки производства – исполнитель – двигатель – автомобиль». Здесь диагностирование связано с организацией технологического процесса текущего ремонта.

Развитие диагностирования должно осуществляться в нескольких направлениях. На крупных предприятиях диагностирование осуществимо по пути создания автоматизированных технических средств как элемента автоматизированных систем управления производством. На мелких предприятиях целесообразны для применения наборы диагностических средств более простые и дешевые. На уровне отдельных машин следует ожидать дальнейшего развития встроенного диагностирования. Хорошие результаты могут быть получены за счет встроенных датчиков, подключаемых к внешним регистрирующим устройствам.

На станциях ТО при больших объемах работ могут эффективно использоваться более сложные дорогостоящие диагностические средства, которые экономят время выполнения операций и выдают точный диагноз. Например, установка спектрального анализа и др.

#### ***2.4.3.4. Диагностирование при изготовлении, использовании, ТО и ремонте машин***

На этапах изготовления, эксплуатации и ремонта путем диагностирования решают конкретные задачи в определенном порядке. Эти задачи на заводе-изготовителе и ремонтном предприятии заключаются в проверке соответствия диагностических параметров номинальным значениям; оценке качества сборки и обкатки узлов и машины в целом; установлении категории качества.

Последовательность контроля осуществляется поэтапно: узлы и механизмы (подшипники, зубчатые пары...); агрегаты (двигатель, органы управления и др.) и машина в целом. Диагностические параметры новой или отремонтированной машины заносятся в паспорт машины как исходные данные для сравнительной оценки при диагностировании в период эксплуатации.

Динамика диагностических параметров является важной характеристикой в оценке технического состояния узлов, систем, двигателя и машины в целом.

При эксплуатационной обкатке машины определяют начальные значения параметров, которые необходимы для оценки состояния изделия при последующих диагностировании и качества приработки трущихся поверхностей сопряжений, узлов и механизмов.

Во время производственной эксплуатации изделий оператор (водитель, тракторист) определяет состояние машины по штатным встроенным приборам, шумам и вибрациям. Кроме того, он ведет периодический контроль двигателя по дымности двигателя, угару масла, прогибу ремней привода агрегатов и другим признакам.

Диагностические операции предусмотрены при проведении технических обслуживаний. При ежесменном обслуживании определяется степень работоспособности машины до конца смены. При номерных ТО устанавливают возможности машины работать до следующего одноименного обслуживания.

При установлении отсутствия необходимого ресурса назначают необходимые вмешательства или устанавливают срок повторной проверки.

При сезонных ТО устанавливают степень готовности машины к эксплуатации в соответствующих условиях.

Ресурсное диагностирование проводят для тракторных ДВС при ТО-3, для автомобильных при ТО-2 и перед ремонтами. При этом устанавливают остаточный ресурс узлов и агрегатов двигателя для определения объемов ремонтных работ и сроки постановки на соответствующий ремонт.

Необходимость капитального ремонта устанавливается по состоянию кривошипно-шатунного механизма двигателя; его цилиндро-поршневой группы и другим объектам. Текущий ремонт ДВС определяется состоянием агрегатов двигателя, гидросистемы и других узлов и механизмов.

При появлении качественных признаков неисправности проводят заявочное диагностирование (не регламентированное). При этом устанавливают места неисправностей, причины их появления и способы устранения.

Диагностирование машин должно проводиться при постановке техники на хранение, особенно это касается тех машин, которые используются на сезонных работах. При этом устанавливают достаточность ресурса на следующий сезон и объемы ремонтных работ для его обеспечения. Определяют состояние и готовность машин к сезонным работам при технических осмотрах, что позволяет обеспечить своевременность и качество работ.

Задачей предприятий двигателестроения, тракторного и автомобильного машиностроения является обеспечение приспособленности машин к диагностированию, а разработчиков и производителей диагностического оборудования и приборов – обеспечение эксплуатационников надежными и доступными средствами диагностирования.

#### ***2.4.3.5. Диагностирование двигателей транспортных средств***

Признаками классификации диагностирования подвижного состава предприятий (далее автомобиля) являются форма организации производства, орга-



низационная структура комплексов, последовательность работ, периодичность проведения воздействий, наличие основных средств диагностирования.

По форме организации работ диагностирования подразделяются на централизованное, при котором мероприятия выполняются в масштабе региона, объединения базой централизованного ТО (БЦТО); децентрализованное, при котором мероприятия выполняются предприятиями базирования техники; и распределенное, при котором часть работ централизована, другая – децентрализована.

По организационной структуре диагностирования подразделяются на специализированное, выполняемое на отдельных постах (участках); комплексное, выполняемое на отдельном универсальном посту; совмещенное, выполняемое на постах ТО и ТР передвижными средствами диагностирования.

По последовательности выполнения работ диагностирования подразделяют на предварительное – перед работами ТО и ТР; заключительное – после проведения работ ТО и ТР; сопутствующее – по ходу указанных работ.

По периодичности выполнения работ диагностирования подразделяют на плановое – проводится в установленном обязательном порядке для данного изделия; выборочное – реализуется дополнительно к плановым мероприятиям; непрерывное – выполняется непрерывно за счет встроенных приборов (давление масла, температура и др.).

По типу основных средств диагностирования подразделяют на стационарное – проводится в стационарных условиях; мобильное – передвижными средствами диагностирования; бортовое – средствами, установленными на машине.

Выбор рационального типа диагностирования и используемых средств зависит от объемов работ, расположения и специализации предприятий, наличия сети БЦТО района (региона), приспособленности техники к диагностированию (ГОСТ 20407-75) и других хозяйственных особенностей.

Для автомобилей предусмотрены два вида плановых диагностирований Д-1 и Д-2 в соответствии с номерами ТО, Д<sub>р</sub> – диагностирование, связанное

с работами при ТР и частично с ТО. Д-1 предназначено для обнаружения неисправностей, влияющих на безопасность движения автомобиля, и соединений в машине, имеющих малую наработку на отказ (до отказа) (приборы сигнализации и др.). Д-2 предназначено для определения мощности двигателя и расхода топлива, установления неисправностей, требующих ремонтных воздействий большой трудоемкости при ТР. Технической документацией предусмотрены и другие задачи диагностирования.

#### ***2.4.3.6. Периодичность и содержание работ по диагностированию двигателей тракторов***

Периодичность диагностирования соответствует периодичности технических обслуживаний соответствующих категорий. Заявочное диагностирование не регламентировано (не имеет периодичности).

Диагностирование является частью мероприятий ТО и призвано обеспечить снижение затрат времени и трудоемкости, повышение качества работ. Его выполняют при техническом обслуживании по перечню работ, рекомендованных правилами ТО.

Диагностирование «Де» при ЕТО проводит оператор (водитель) с помощью встроенных и имеющихся в ЗИПе приборов, а также используя органолептический метод, путем осмотра, ослушивания, опробования и наблюдения за внешними признаками в работе (дымность двигателя, расход масла и др.).

Диагностирование «Д1» при ТО-1 включает мероприятия при неработающем двигателе и после запуска.

При неработающем двигателе проверяется степень отложения осадка в роторе центробежного маслоочистителя, состояние картерного масла, натяжение приводных ремней, степень зарядки аккумулятора, состояние систем освещения и сигнализации.

При работающем двигателе проверяется давление масла в системе смазки; уровень шума и вибрации узлов и механизмов; частота вращения ротора

центрифуги и продолжительность ее выбега после остановки двигателя; состояние генератора (зарядный ток), состояние воздушного тракта.

Диагностирование «Д2» при ТО-2 включает операции при работающем и неработающем двигателе. При этом выполняются все операции, предусмотренные для «Д1». Кроме того, при неработающем двигателе выполняется проверка тепловых зазоров в механизме газораспределения, состояние электропроводки. При работающем двигателе проверяют состояние воздухоочистителя, устойчивость работы всережимного регулятора, мощность двигателя и расход топлива, состояние (работоспособность) муфт сцепления.

Диагностирование «Д3» при ТО-3 (тракторные ДВС) включает операции при работающем и неработающем двигателе. При этом выполняются операции, предусмотренные для «Д1» и «Д2». Кроме того, «Д3» включает исправность форсунок (при неработающем двигателе). При работающем двигателе проверяют параметры вибрации и шума КШМ пускового двигателя, работоспособность муфты сцепления редуктора пускового двигателя, продолжительность пуска основного двигателя, точность показаний контрольно-измерительных приборов, состояние реле-регулятора, эффективность системы охлаждения (по разности температур в верхнем и нижнем бачках радиатора), состояние подкачивающей помпы и фильтра тонкой очистки топлива.

Диагностирование «Дс» при сезонных ТО включает операции СТО-ОЗ при переходе с летней эксплуатации на зимнюю и СТО-ВЛ – с зимней на летнюю. При СТО-ОЗ проверяют герметичность системы охлаждения, состояние датчика температуры, надежность средств утепления, натяжения ремней привода агрегатов, состояние генератора и работу реле-регулятора, состояние аккумулятора (плотность, зарядка), эффективность системы обогрева.

При СТО-ВЛ проверяют эффективность системы охлаждения, натяжение приводных ремней, работу генератора и состояние реле-регулятора, состояние аккумуляторов (плотность электролита, степень зарядки).

Основными направлениями в совершенствовании системы диагностирования машин является модернизация существующих средств и разработка но-

вых на более высоком уровне. В перспективе развития системы практически всем операциям ТО должны предшествовать диагностические, и в основе системы ТО должна быть техническая экспертиза. Система ТО машин в таком случае перейдет в систему технических экспертиз с упорядоченными технологиями, набором современных средств, с соответствующей периодичностью.

### ***Контрольные вопросы***

1. Показатели, характеризующие рабочий процесс машины.
2. Причины недостаточного применения диагностирования.
3. Показатели, характеризующие ресурс машины.
4. Влияние технической диагностики на переход к более прогрессивной форме технического обслуживания и ремонта машин.
5. Сущность диагностики машин.
6. Оценка контролепригодности машин.
7. Содержание диагностики (система диагностирования).
8. Диагностирование тракторных двигателей при ТО.
9. Ресурсное диагностирование машин.
10. Понятия органолептического и объективного диагностирования.
11. В чем суть методов диагностирования – энергетического и спектрографического, пневмогидравлического и виброакустического.
12. Назначение диагностических параметров и нормативов.
13. Виды диагностирования в соответствии с используемыми средствами.
14. Диагностирование при изготовлении, использовании, ТО и ремонте.

## **2.5. Производственная база ТО предприятия**

### **2.5.1. Требования к проведению обслуживания машин**

Техническое обслуживание машин, в связи с требованиями ГОСТ, должно проводиться с соблюдением санитарных правил и гигиенических требований к производственному оборудованию.

Ответственность за соблюдение установленных требований несут руководители и главные специалисты предприятий, в ведении которых находится техника.

Техническое обслуживание конкретных машин должно проводиться в соответствии с «Техническим описанием и инструкцией по эксплуатации», прилагаемым к данной машине и нормативно-технической документацией.

Предприятие, эксплуатирующее машины, должно вести учет наработки в указанных выше единицах. Сезонные технические обслуживания следует совмещать с очередными сложными номерными обслуживаниями.

Регулировки по восстановлению параметров следует выполнять по результатам контрольно-диагностических проверок с применением соответствующего оборудования для машин конкретных марок. Обнаруженные при этом неисправности должны устраняться посредством ремонта.

Менее сложные ТО рекомендуется проводить на СПТО или на месте их работы с использованием передвижных агрегатов ТО. Предприятие должно иметь оборудование для проведения обслуживаний.

Смазочно-заправочные операции должны исключать загрязнение и попадание влаги в узлы и агрегаты машин.

Отработанные масла и технические жидкости должны собираться по правилам, принятым ГОСТ 21046, исключающим попадание их в почву и водоемы.

Техническое обслуживание при низких температурах следует проводить в теплых помещениях. Если машины хранятся вне отапливаемых помещений, необходимо обеспечить процесс обслуживания установками для разогрева двигателей паром или горячим воздухом, устройствами для разогрева масел.

При температуре окружающей среды ниже 30 °С следует применять арктическое топливо по ГОСТ 305-82 (для эксплуатации машин при температуре окружающего воздуха минус 50 °С и выше, содержание серы должно быть не более 0,4 %) и специальные сорта масел, рекомендуемые заводами-изготовителями машин. Зимнее топливо марки «З» рекомендуется применять при температуре минус 20 °С и выше.

При низкой температуре увеличивается вязкость масла, прокручивание вала двигателя затрудняется. При понижении температуры от плюс 20 до минус 20 °С крутящий момент для прокручивания коленчатого вала двигателя возрастает более чем в 4 раза. При этом наблюдается интенсивный износ деталей двигателя. Износ при одном запуске сопоставим с износом при работе двигателя в течение 8 часов при нормальном тепловом режиме. В связи с этим для обеспечения нормальной работы системы смазки надо применять смазочные материалы, рекомендуемые заводами-изготовителями, или подобрать соответствующие сорта (заменители).

В литературе приведены рекомендации по разжижению масел для работы при низких температурах. Картерное масло в двигателях рекомендуют разбавлять зимним дизельным топливом (1 % топлива на каждые три градуса отрицательной температуры). При необходимости рекомендуют разжижать картерные масла индустриальным маслом. Эти рекомендации даны для облегчения запуска и снижения износа в условиях, когда машины хранятся вне теплых гаражей.

Систему охлаждения двигателей заполняют жидкостью, не замерзающей при низких температурах.

При низких температурах нарушается эластичность резиновых изделий. При температуре минус 40 °С резина становится твердой и хрупкой, и ее следует оберегать от механических воздействий. Работы следует выполнять после медленного отогревания изделий.

### **2.5.2. Производственная база ТО**

Производственная база ТО подразделяется по уровням.

**База производственных предприятий** подразделяется на центральную базу и базу подразделений. База подразделений включает пункт технического обслуживания (СПТО) с секторами межсменного, кратковременного и длительного хранения техники.

**Центральная база предприятия** включает ремонтную мастерскую, гараж с профилакторием, секторы хранения машин, средства ТО, нефтесклад с заправкой.

**База районного (городского) уровня** включает ремонтные мастерские, станции технического обслуживания машин, передвижные средства ТО и другие объекты.

**База областного уровня** включают цехи, специализированные мастерские, заводы по ремонту машин, восстановлению узлов и агрегатов к машинам, ремонт оборудования и др. Проектными институтами разработаны типовые проекты на объекты баз обслуживания и ремонта машин.

Частные предприятия занимаются услугами по обслуживанию и ремонту машин по усмотрению организаторов предприятий, потребности в работах и выгоды работ для соответствующих территорий.

### **2.5.3. Технологические принципы и организация проведения ТО**

Технологические мероприятия и требования к ним излагаются в технологических картах. В них указывают применяемое оборудование, приборы, приспособления, инструменты, материалы, режимы и допуски на нормативы.

В основу технологии ТО машин заложены пять принципов.

1. ТО и ремонт проводят в таком объеме, который необходим по техническому состоянию в целях предупреждения неисправностей при работе изделия до очередного ТО. Это обеспечивает необходимость и достаточность проводимых мероприятий, обеспечивая экономичность.

Гарантируется положение наличием недорогих и эффективных диагностических средств.

2. Разделение и специализация труда обеспечивают высокую степень механизации и автоматизации работ, снижение оперативного времени на ТО и трудоемкости.

3. Последовательность выполнения работ повышает технологичность, обеспечивает поточность и ритмичность, повышает эффективность производства.

4. Механизация и автоматизация работ проводится на основе разделения и специализации труда. Это улучшает условия труда, повышает производительность, снижает затраты живого труда и средств.

5. Совершенствование управления процессом ТО связано с оперативным планированием, ведением учета состояния машин на основе диагностирования, расчетом потребности в материалах и запчастях, распределением работ между службами, ведением документации, составлением отчетов.

Организационные формы ТО разнообразны. Применительно к сложным машинам наибольшее распространение получил метод обслуживания специализированным персоналом – мастерами-наладчиками (для крупных предприятий).

Оператор машины проводит эксплуатационную обкатку, ЕТО, выполняет простые операции при сложных ТО, участвует в устранении неисправностей, участвует в постановке машин на хранение и снятии с хранения.

Звено обслуживающего персонала (специалистов) проводит ТО при обкатке, использовании по назначению и сезонные ТО, выполняет ремонтные работы (при необходимости), проводит ресурсное диагностирование. ТО проводят на СПТО.

Передвижные средства ТО придаются мастерам-наладчикам в зависимости от потребности.

#### **2.5.4. Технические средства для проведения ТО**

Операции технической эксплуатации группируют по специфическим признакам: моечно-очистительные, контрольно-диагностические, смазочно-топливозаправочные, регулировочные, крепежные и консервация.

**Моечно-очистительные** операции проводятся по окончании смены, перед выполнением технических обслуживаний, ремонтами и установкой машин на хранение.

Для очистки машин применяют скребки, щетки, кисти; для обдувки – компрессорные установки.



Для наружной мойки широко используют мониторные моечные машины различных марок и модификаций и другие с различным давлением водяной струи и температурой. Напор струи, высокая температура и моющие средства обеспечивают эффективное удаление загрязнений.

Для очистки бумажных фильтров воздухоочистителей используются установки ГОСНИТИ. При незначительной засоренности фильтрующих элементов фильтры обдувают сжатым воздухом, при значительной – очищают моющим раствором с последующей сушкой подогретым воздухом.

Разработаны контрольно-диагностические средства трех вариантов: переносные, стационарные и передвижные.

Переносные комплекты приборов предназначены для диагностирования машин при выполнении простых ТО для обнаружения неисправностей составных частей машин в межконтрольный период. Такие комплекты могут быть использованы инспекторами гостехнадзора при техническом осмотре машин, при проверке качества обслуживания и ремонта. Приборы позволяют контролировать эффективную мощность, состояние топливной аппаратуры и другие показатели (свыше 30 параметров).

Стационарный комплект диагностических средств предназначен для диагностирования (выявления дефектов) машин при проведении сложных ТО и определения потребности машин в ремонте. С помощью приборов комплекта можно проверить все основные параметры состояния дизельных двигателей (электрооборудования, механизмов управления, рабочего оборудования и др.). Число проверяемых параметров – до 130. Применение комплекта позволяет уменьшить трудоемкость ТО в 1,5...2 раза, сократить продолжительность поиска дефектов в 2...5 раз, улучшить качество обслуживания и др.

Передвижная диагностическая установка предназначена для обнаружения и устранения неисправностей машин в межконтрольный период. Число проверяемых параметров до 100. Источник энергии для питания приборов – бортовая 12 вольтовая сеть машины.

Смазочно-заправочные средства предназначены для заправки машин смазочными материалами, их хранения, учета и др. Установки для смазки и заправки выпускаются стационарными и передвижными.

Стационарная установка предназначена для смазки и заправки машин. Она позволяет хранить запас свежих масел до четырех сортов, заправлять машины с учетом отпускаемого количества, собирать отработанные масла, выполнять смазочные работы консистентными смазками и другие функции.

Регулировочные работы при ТО выполняются с помощью стандов, приборов и приспособлений. Особое место здесь занимают узлы и системы двигателей и особенно топливной аппаратуры.

Промышленностью выпускаются станды для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры, стенд для раскоксовывания форсунок (очистки распылителей форсунок и ЦПГ от нагара без демонтажа с помощью топливоводяной эмульсии). Такая очистка снижает трудоемкость в 4...6 раз, улучшает мощностные и экономические показатели ДВС. Проверяют и регулируют форсунки на приборах со снятием с двигателя и без снятия.

Приспособление КИ-16301 ГОСНИТИ позволяет обслуживать кроме форсунок топливный насос, проверять состояние системы смазки. Промышленность выпускает и другие технические средства

Консервационные работы выполняются на специальных площадках с использованием соответствующего оборудования. Для этих целей промышленность выпускает аппараты для нанесения противокоррозионных покрытий, предназначенные для пневматического нанесения покрытий на наружные и внутренние поверхности машин и их частей. Указанные принципы, мероприятия и технические средства ориентируют разработчиков, руководителей и исполнителей на повышение эффективности мероприятий ТО.

Первый принцип обеспечивает необходимость и достаточность проводимых мероприятий при проведении ТО и обеспечивает их экономичность. Осуществление его может быть обеспечено наличием недорогих и эффективных диагностических средств.

Разделение и специализация труда обеспечат высокую степень механизации и автоматизации работ, снижение оперативного времени на ТО.

Установленная последовательность повышает технологичность выполнения работ, поточность процесса, ритмичность и эффективность производства. Все это должно быть отражено в маршрутном технологическом графике, разрабатываемом для каждой марки машин и на каждый вид ТО.

Принцип совершенствования управления процессом ТО состоит в оперативном планировании ТО и корректировании планов; ведении учета состояния машин на основе диагностирования; определении потребности в материалах и запасных частях; распределении работ между участками и службами; ведении документации по заработной плате и расходным материалам; составлении отчетов.

### ***Контрольные вопросы***

1. Технические и экологические требования к проведению ТО машин.
2. Техническое обслуживание машин при низких температурах.
3. Деление производственной базы ТО по уровням системы.
4. Технологические принципы ТО по объему работ, специализации труда, последовательности выполнения работ, их механизации и автоматизации и др.
5. Организационные формы ТО применительно к сложным машинам и крупным предприятиям.

## **Раздел 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

### **3.1. Обеспечение парка машин топливом и смазочными материалами**

#### **3.1.1. Источники энергии для тяговых и транспортных средств**

Техническая эксплуатация тяговых, транспортных и других машин с ДВС включает мероприятия по рациональному применению топлива, смазочных материалов и технических жидкостей. От качества этих жидкостей в значительной

степени зависит надежность, долговечность, экономичность работы ДВС, токсичность продуктов сгорания и другие показатели.

Рост цен на ТСМ за счет удорожания добычи нефти и ее транспортирования вынуждает потребителей нефтепродуктов решать ряд организационных и технических вопросов, направленных на снижение потерь, совершенствование учета ТСМ, улучшение условий хранения, транспортирования, отпуска.

В настоящее время в качестве источников энергии для тяговых и транспортных средств используются в основном бензин, дизельное топливо и газ. Находят применение и другие источники энергии.

Какое топливо выгоднее?

Выгоднее применять то, которое обладает высокой калорийностью и которое удобнее в использовании.

Энергетическая оценка топлива ведется по теплоте сгорания (ккал/кг), которая определяется как опытным путем (сжигание в калориметрах), так и расчетным (если известны компоненты топлива – их содержание).

Для определения теплоты, получаемой при сжигании топлива в калориметре, используют массу сожженного топлива, количество воды в опыте и температуру, до которой вода нагрелась.

Теплота сгорания, ккал/кг

$$Q = \frac{M_{\text{в}} \cdot (T - t)}{q}, \text{ ккал/кг} \quad (3.1)$$

где  $M_{\text{в}}$  – масса воды, кг;  $T$  – температура воды в конце опыта, °C;  $t$  – температура воды в начале опыта, °C;  $q$  – масса сгоревшего топлива, кг.

Расчетным путем определяют высшую и низшую теплоту сгорания.

Для твердого и жидкого топлива низшая теплота сгорания

$$Q_{\text{низш}} = 339C + 1030H + 109(O - S) - 25,12W, \text{ кДж/кг}, \quad (3.2)$$

где  $C$  – углерод,  $H$  – водород,  $O$  – кислород,  $S$  – сера,  $W$  – вода ( $C, H, O, S$  – элементарный состав топлива в процентах по массе).

Для газообразного топлива

$$Q_{\text{низш}} = 128\text{CO} + 108\text{H}_2 + 356\text{CH}_4 + 589\text{C}_n\text{H}_m, \text{ кДж/м}^3, \quad (3.3)$$

где CO – окись углерода; H<sub>2</sub> – водород; CH<sub>4</sub> – метан; C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> – углеороды тяжелее метана с числом углеродных атомов до 4 включительно ( $n = 2 \dots 4$ ).

Теплота сгорания –  $Q_{\text{низш}}$ , кДж/кг, составляет: бензин – 45216; дизельное топливо – 42704; газ природный – 35586; газ сжиженный – 46000.

Для удобства сравнения отдельных видов топлива, замены одного другим установлен **эталон**.

В качестве эталона принято условное топливо:

- для твердого и жидкого – 29307 кДж/кг (7000 ккал/кг),
- для газообразного – 29307 кДж/м<sup>3</sup> (7000 ккал/м<sup>3</sup>).

В зависимости от теплоты сгорания топлив используют калорийный –  $\mathcal{E}_{\text{кал}}$  – и технический –  $\mathcal{E}_{\text{тех}}$  – топливные эквиваленты. Первый наиболее распространен. Он определяется соотношением  $\mathcal{E}_{\text{кал}} = Q_{\text{низш}}/29307$ .

Для различных топлив  $\mathcal{E}_{\text{кал}}$  составляет: бензин – 1,57; дизельное топливо – 1,45; газ природный – 1,21; газ сжиженный – 1,56; условное топливо – 1,0; каменный уголь – 1,0.

Приведенные показатели, цены на топливо и эксплуатационные затраты на использование топлива для предприятия дают возможность оценить целесообразность применения того или иного топлива.

### 3.1.2. Потери топлив и смазочных материалов

**Виды потерь ТСМ** включают непроизводительные затраты топлива при работе техники из-за нарушения регулировок систем двигателя, плохого технического состояния техники (износа) и недостатков организации машиноиспользования, а также потери ТСМ на этапах перевозки, хранения, приема и отпуска, заправки. Все эти и другие потери приводят к перерасходу ТСМ, удорожанию работ и производимой продукции, экологическим и другим проблемам.

Виды потерь включают количественные, качественные и смешанные.

**К количественным потерям** относятся разливы и переливы; подтекания из резервуаров, емкостей и заправочных средств; остатки в таре после слива; эксплуатационные перерасходы и хищения.

**Качественные** потери имеют место в виде обводнения, загрязнения, смешивания, окисления. Все они приводят к изменению свойств ТСМ. Эти потери непосредственно увеличивают расход нефтепродуктов, а также опосредованно через снижение надежности и долговечности техники; снижение эффективности ее использования; увеличение простоев машин и другое.

**Смешанные** потери – одновременное проявление количественных и качественных потерь. При этом уменьшается количество топлива, ухудшаются его пусковые свойства за счет испарения легких фракций, снижается октановое число и другие показатели качества.

**Аварийные потери** проявляются при повреждении резервуаров, при пожарах и стихийных бедствиях. При этом теряется большое количество ТСМ.

Часть потерь неизбежна. Это происходит за счет испарения бензинов, остатков топлив и масел в таре при опорожнении и по другим причинам. Убыль от испарения бензинов составляет от 1,4 до 2,8 %, дизельного топлива – 0,015 %.

Из резервуара емкостью 50 м<sup>3</sup> нормативный годовой объем потерь в результате испарения составляет 440 кг бензина и 3 кг дизельного топлива. Фактические потери по оценкам специалистов значительно больше.

Потери приводят не только к росту затрат денежных средств, но и к тяжелым экологическим последствиям. Содержание в 1 м<sup>3</sup> воды 10 грамм топлива приводит к гибели в водоеме всего живого. Такая вода непригодна для бытовых и производственных нужд.

Величина потерь зависит от климатических условий; вида и технического состояния транспортных средств; технического состояния резервуаров и заправочного оборудования; качества самих продуктов; квалификации операторов и обслуживающего персонала нефтескладов; ответственности исполнителей, материальной и моральной заинтересованности.

Борьба с потерями должна вестись на всем пути следования машины от завода-изготовителя до бака, а также в направлении обеспечения эффективного использования топлива и масел двигателями и машинами в целом.

### **3.1.3. Снижение количественных потерь топлива**

Особое место должно быть отведено обеспечению герметичности резервуаров, арматуры и топливопроводов на объектах хранения, отпуска и потребления топлива.

При интенсивности подтекания 1 капли в секунду дизельного топлива в сутки потери составят от 3,5 до 5 кг, а в год потери составят до 1800 кг. Отсюда следует, что необходимо регулярно проводить профилактический осмотр резервуаров, оборудования и систем подачи топлива на двигателе.

Потери при заправке из бочки в ведро, затем из ведра через воронку в бак машины превышают 2 %. В 200-литровой бочке после слива остается до 2,5 кг топлива (особенно дизельного в холодное время). Потери при этом составляют до 1,5 %. В то же время закрытая механизированная заправка топливом снижает потери до 0,2 %. При этом надо следить за переполнением баков и исключить разлив, для чего применяют краны с автоматическим отключением.

Имеют место потери топлива от испарения. Особый урон наблюдается при хранении, заправочных и приемо-отпускных операциях бензинов. При этом величина потерь зависит от организации работ, технической оснащенности процесса, состояния оборудования и подготовленности обслуживающего персонала.

Резервуары никогда полностью не заполняются. Над поверхностью жидкости в баках и других емкостях находится смесь воздуха с парами бензина. В одном кубическом метре пространства находится около килограмма бензина.

В природе наблюдается колебание температуры воздуха в дневные и ночные часы. При нагреве смесь расширяется и пары через дыхательный клапан выходят наружу. При охлаждении чистый воздух засасывается в емкость и

насыщается парами. Этот процесс носит название «**малое дыхание резервуара**».

Величина потерь зависит от величины перепада температур. Особенно это характерно для мест, где дни жаркие, а ночи холодные. При изменении температуры газового пространства с 15 до 40 °С из резервуара емкостью 25 м<sup>3</sup> в воздух уходит около 2 кг бензина.

**Большие дыхания** проявляются при полном сливе топлива и заполнении новой партией (смесь вытесняется наружу). В этом случае при закрытом наливе 20 кубометров топлива в емкость одновременно теряется около 20 килограммов. Потери огромны в плохо закрытых или неисправных резервуарах. Из открытого резервуара за летний период может испариться до 1,5 тонн бензина.

Для снижения потерь бензина следует обеспечивать минимальный размер газового пространства. Заполнение должно быть не менее 90 % объема (но не более 97 %, чтобы исключить вытекание при расширении).

При заполнении емкости на 90 % объема потери составляют от 0,3 до 0,4 %, то же на 50 % – 3...4 %, то же на 20 % – 10...14 %.

Снижение потерь от испарения обеспечивается снабжением резервуаров газовой обвязкой. При этом паровоздушная смесь уходит в специальные емкости и затем возвращается в резервуар.

Потери снижают путем установки исправных дыхательных клапанов; затенения резервуаров листовыми деревьями и устройства крыш; орошения поверхности резервуаров водой и окраски в светлые тона; хранения в подземных или полуподземных резервуарах (потери снижаются в 3 раза).

Снижение потерь связано и с эксплуатацией техники. Повышение расхода топлива при эксплуатации ДВС зависит от многих причин. Неисправность одной форсунки 4-х цилиндрового дизеля увеличивает расход топлива на 15...20 %; понижение температуры охлаждающей жидкости на 30...40 °С увеличивает расход топлива на 5...10 % из-за ухудшения процесса сгорания; отклонение угла начала подачи топлива на 3...5 градусов удельный расход возрастает на 4...8 % и т. д.



Главными причинами снижения мощностных и топливных показателей являются следующие: неисправные топливная аппаратура и механизм газораспределения, износ цилиндро-поршневой группы, техническое состояние других механизмов и систем.

Для снижения потерь топлива особое внимание следует уделять поддержанию двигателей в исправном состоянии. В первую очередь это относится к постоянному контролю за техническим состоянием систем ДВС, применением рекомендуемых топлив и другим факторам.

Своевременная промывка систем охлаждения (удаление накипи, нагара и смолистых отложений), своевременное техническое обслуживание в полном объеме в значительной степени экономит расход топлива на единицу работы.

Обеспечение загрузки двигателя на 85...95 % от номинальной, исправность машин, на которых установлен двигатель, высокая квалификация операторов позволяют снижать затраты на выполнение работ за счет оптимального расходования энергии топлива.

Использование машин подтверждает, что подготовка тракторного двигателя к зимней эксплуатации за счет утепления систем снижает расход топлива за зимний период на 200...300 кг.

Важную роль в эксплуатации ДВС играет использование индивидуальных подогревателей, горячей воды, воздуха, пара и газа, легковоспламеняющихся жидкостей для облегчения запуска.

Снижение расхода топлива автомобильными ДВС достигается, главным образом, в результате снижения массы машины; повышения коэффициента полезного действия (к. п. д.) двигателя; грамотного управления техникой.

Повышение коэффициента полезного действия двигателя может быть достигнуто в результате уменьшения термодинамических потерь, потерь на газообмен (в системе впуска и выпуска), на трение; за счет снижения мощности, необходимой для привода его дополнительного оборудования.

Коэффициент полезного действия двигателя составляет примерно 25 %. При этом больше половины бензина уходит на механические потери в самом

двигателе и в трансмиссии, и лишь оставшаяся часть непосредственно обеспечивает движение автомобиля.

Раскладка затрат энергии показана на рис. 3.1.

Установлено, что различные неисправности ДВС легковых автомобилей вызывают увеличение расхода топлива: неисправности системы питания 10...30 %; недостаточные герметичность и чистота двигателя 10...15 %; неисправности системы охлаждения 10...20 %; неисправности системы распределения 10...20 %; неисправности системы зажигания 10...30 %. Для избежания указанных неисправностей необходимо своевременно проводить технические осмотры и ТО, уделять внимание любым неполадкам и повышению расхода топлива.

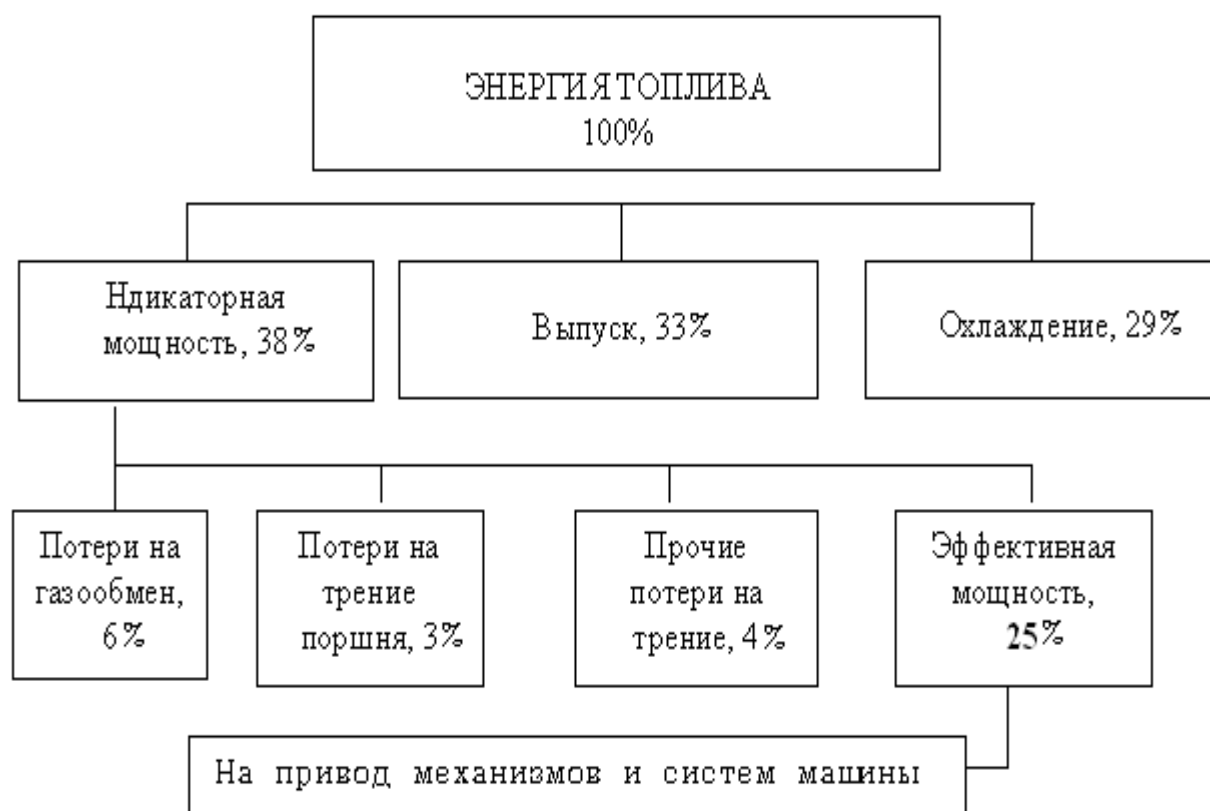


Рис. 3.1. Расход энергии автомобильного двигателя

Поддержание двигателя автомобиля в технически исправном состоянии является основным фактором, влияющим на расход топлива, срок службы и надежность.

Основными причинами перерасхода топлива из-за неисправностей в кар-

бюраторе являются повышенный уровень топлива в поплавковой камере карбюратора; нарушение регулировки холостого хода; нарушение герметичности диафрагмы пускового устройства карбюратора; заедание дроссельных заслонок и их привода; разработка топливных жиклеров; неполное открытие воздушной заслонки и другие причины.

Двигатель запускается на богатой смеси и требует кратковременных непроизводительных затрат топлива. Надежным считается пуск карбюраторного двигателя стартером с трех попыток продолжительностью по 10...15 с. Для экономии топлива прогрев двигателя следует выполнять при минимально устойчивой частоте вращения коленчатого вала в течение 1...3 минут, а затем при средней в течение 3...5 минут.

Пуск дизеля может быть затруднен ввиду попадания воздуха в систему топливоподачи; большой вязкости топлива; наличия льдинок в системе подачи топлива, фильтрах и др.

Дизельный ДВС плохо запускается вследствие засорения топливопровода, загрязнения фильтра тонкой или грубой очистки топлива. Повторный пуск двигателя связан с дополнительным расходом топлива.

Исключить непроизводительные затраты энергии топлива или снизить их следует путем осуществления своевременного и качественного технического обслуживания и выполнения других требований технической эксплуатации двигателей и машин в целом.

### **3.1.4. Снижение качественных потерь топлива**

Проблема качества топлива не только в том, чтобы его сохранить, но и в том, чтобы приобретать соответствующие материалы. Анализ данных лабораторий ВИИТиН и МИС показывает, что 20...25 % топлива и 40...45 % смазочных материалов содержат механические примеси в количествах, превышающих гостовскую норму. 35 % ТСМ не соответствуют ГОСТу по содержанию воды.

Существенное влияние на качество ТСМ оказывает смешивание различных сортов. Часто это происходит при перевозках различных материалов в од-

ной таре. В емкости после слива дизельного топлива и керосина остается от 30 до 40 кг, которые смешиваются с другим продуктом, перевозимым следом.

Смешивание летних сортов топлива с зимним топливом при переходе на зимнюю эксплуатацию машин недопустимо. Это вызывает забивание кристаллами парафина топливной аппаратуры, особенно фильтров; возникают перебои в работе ДВС; двигатель глохнет. При смешивании бензинов с дизельным топливом продукт подлежит выбраковке.

Для доставки различных ТСМ следует использовать специализированный транспорт по отдельным видам ТСМ. Если этого нельзя обеспечить, следует соблюдать порядок завоза, начиная с высших сортов топлив и масел. Пользу приносит централизованная доставка ТСМ, исключая смешивание, загрязнение и обводнение.

Ухудшаются свойства топлива и за счет его окисления от соприкосновения с воздухом во время перевозки, хранения, сливных и наливных операций. В результате окисления образуются смолистые вещества и органические кислоты. При этом топливо приобретает желтую и даже светло-коричневую окраску. Такой продукт подвержен осмолению, приводит к коррозированию деталей двигателя, образованию нагара.

Окисление интенсивнее при повышении температуры, поэтому необходимы мероприятия, связанные со снижением температуры внутри емкостей. Предупреждение порчи связано и со своевременной очисткой резервуаров, спуском из них отстоя. Отстой следует удалять через 2...3 дня после каждого наполнения через водогрязеспускные пробки. Резервуары с дизельным топливом и маслами следует очищать ежегодно. Емкости с этилированным бензином в южных районах подлежат очистке дважды в год, а в средней и северной полосе – ежегодно.

ТСМ портятся из-за попадания в них механических примесей и воды. Это приводит к засорению форсунок, топливных фильтров, жиклеров карбюраторов и далее к износу трущихся поверхностей деталей двигателей. Особенно это проявляется при работе машин в полевых условиях и в летний период. Для

предупреждения износов перед заправкой топливо следует фильтровать. Фильтрами тонкой очистки (ФДГ) оснащены механизированные заправочные средства, агрегаты технического обслуживания, топливо-раздаточные колонки.

Для ликвидации нежелательных последствий следует выполнять указания по своевременному сливу отстоя из баков, отстойников, фильтров грубой очистки; промывке топливных баков (при сезонном обслуживании); своевременной замене фильтров тонкой очистки.

Большой вред приносит топливам вода. Она повышает коррозионный износ, в холодное время кристаллизуется и забивает топливопроводы и фильтры. Необходимо осуществлять все мероприятия, исключая попадание воды в топливо путем конденсирования ее в емкостях, использования негерметичной тары для хранения и другими путями.

### **3.2. Перевод ДВС на альтернативные виды топлива**

В двигателях используют сжиженные и сжатые газы из баллонов, которыми оборудуются самоходные машины (газобаллонные установки). Экономически целесообразно применять высококалорийные сжиженные газы.

Менее удобны установки для использования сжатых газов (природных) из-за более сложного оборудования. Среди требований к газам: образование в цилиндрах однородной смеси; обеспечение антидетонационных свойств; полное сгорание топлива; минимальное содержание механических примесей, паров воды и другие.

Машины, работающие на сжиженном газе (СНГ), используются широко в связи с экономией средств на топливо. Эти газы представляют собой пропан и бутан – сопутствующие добыче нефти и ее переработке. При переходе бензиновых двигателей на газ несколько снижается мощность двигателя: на сжиженном газе до 5...7 %; на сжатом – на 15...16 %. В перспективе видится расширение применения природных газов за счет их сжижения.

Преимуществами применения сжатых и сжиженных газов являются равномерность заполнения цилиндров двигателя; снижение токсичности отработанных газов при работе на обедненных смесях ( $\alpha = 1,2 \dots 1,25$ ); высокая

антидетонационная стойкость (позволяет на 20...25 % повысить степень сжатия). По ТУ 51-16,6-83 выпускается газ марок А и Б, незначительно отличающихся по составу и свойствам (по содержанию азота и метана).

Целесообразность перевода на газ – в разнице цен на газ и бензин, с одной стороны, и стоимость газового оборудования – с другой. Учитывать следует условия обеспечения газом, наличие на территории предприятий газонаполнительных станций.

Перспективным топливом для ДВС является спирт. Спирт получают из сельскохозяйственных продуктов – кукурузы, патоки и др. (стоимость производства 31...80 центов за литр). В США и Бразилии в качестве топлива для ДВС используют газоголь – смесь из 10 % спирта (этанола) и 90 % бензина. Газоголь равноценен бензину по мощности ДВС, не нуждается в свинцовой добавке и т. п. Использование спирта для немодернизированных дизельных ДВС нецелесообразно, так как самовоспламенение его возможно при степени сжатия 25 и выше.

Ведутся работы по использованию метана, получаемого из навоза, в качестве источника энергии, в том числе топлива для ДВС. Из отходов от 1000 свиней за год можно получить метан в количестве, сопоставимом с 25 тысячами литров бензина.

Специалисты считают заменителем дизельного топлива растительное масло. Испытания проводились и проводятся с рапсовым, ореховым, подсолнечным, кукурузным и другими маслами.

При испытаниях добавка в дизельные топлива 40...60 % масла не уменьшала значительно мощность двигателя. Основные препятствия к применению – цена масла, затруднения с запуском холодного двигателя, закупорка фильтров.

Создаются в мире газогенераторные установки с использованием древесной щепы. Такие двигатели широко использовались в СССР в середине прошлого века.

В США испытан передвижной дизель-генератор, работающий на смеси из 15 % дизельного топлива и 85 % генераторного газа, получаемого от сжигания

пожнивных остатков и других отходов (соломы, кукурузных початков, скорлупы орехов и др.).

В России внедряется оборудование для использования газа в дизельных ДВС. Перспективным в мире считается и водородное топливо. Особое внимание общества привлекает его безвредность для окружающей среды.

### **3.3. Снижение расхода смазочных материалов**

#### **3.3.1. Потери смазочных материалов**

От качества смазочных материалов зависит состояние техники, ее ресурс и экономические показатели использования. Опыт показывает, что смазочные материалы при заливке в двигатель содержат до 0,2...0,3 % механических примесей. Это ведет к повышенному износу трущихся поверхностей коленчатого вала двигателя, цилиндров и других сборочных единиц. Для сокращения примесей рекомендуется пользоваться только закрытым способом заправки маслами. Для этих целей промышленность выпускает масляные колонки различных типов и другие технические средства.

Присадки в маслах взаимодействуют с влагой, образуя осадки. Наличие воды в масле 0,1...0,2 % удаляет в первые дни после заправки больше половины всех присадок. Такие масла для использования непригодны. Для предупреждения порчи смазочных материалов следует использовать чистую сухую тару; хранить материалы в закрытом отапливаемом помещении в герметичных емкостях.

#### **3.3.2. Пути сокращения расхода смазочных материалов**

В настоящее время периодичность замены смазочных материалов для многих тракторных двигателей 240 моточасов, хотя по ГОСТам предусмотрено при постановке на производство новых двигателей 500 моточасов. При периодичности 240 моточасов расход масла на замену составляет 25...35 % от общего расхода – для новых двигателей и 15...20 % – для бывших в эксплуатации.

Расход масла можно уменьшить на 10...12 % за счет качества, если применять топливо с содержанием серы до 0,5 %. В этом случае масла группы В<sub>2</sub> и Г<sub>2</sub> с эффективными присадками (Г) можно использовать до 480 моточасов (двукратное увеличение). Дальнейшее увеличение периодичности замены дает незначительный эффект, так как расход на угар будет составлять основную долю.

Согласно наблюдениям, на угар расходуется до 80 % общего расхода моторных масел. Нормой расхода на угар считают 0,6...1,5 г/элс-ч. Однако исследования показали, что расход на угар колеблется от 2,2 до 3,6 г/элс-ч. Это выше в 2...3 раза от нормы. Признаки повышенного расхода – черный дым и частые добавления в процессе работы. Основными причинами повышенного расхода являются следующие: образование накипи в системе охлаждения (увеличение толщины накипи на 1 мм повышает расход на 25 %); увеличенные зазоры в сопряжениях ЦПГ; повышенный уровень масла в картере; нарушение теплового режима двигателя. В связи с этим существенный вклад в экономию смазки приносят своевременные мероприятия по поддержанию двигателя в исправном состоянии путем технического обслуживания и ремонта.

Расход моторных масел при технических обслуживаниях и ремонтах можно снизить различными путями. Для промывки системы смазки в качестве рабочей жидкости рекомендуют использовать индустриальное масло 20 или смесь моторного масла с дизельным топливом. По исследованиям необходимости проведения промывки ВИМ пришел к выводу, что моторные масла В<sub>2</sub> и Г<sub>2</sub>, обладая хорошими моющими и диспергирующими свойствами за счет присадок, не создают условий для накопления в больших количествах низкотемпературных отложений, и промывка систем смазки не целесообразна. Это обеспечивает значительную экономию.

К большим потерям приводят утечки масел через неплотности в соединениях магистралей. Предупреждение их обеспечивается применением современных специальных герметизирующих материалов и прокладок, подтяжкой креплений.



Большое значение в экономии топлива и смазочных материалов имеет система материального и морального стимулирования экономии ТСМ.

На предприятии должна быть разработана система стимулирования экономии и узаконена приказом или распоряжением руководителя. За экономию ТСМ против установленных норм рекомендуют выплачивать вознаграждение оператору (водителю, механизатору); регулировщикам топливной аппаратуры и электрооборудования; ИТР, занятым работами по обеспечению исправности двигателей. За перерасход ТСМ сверх установленных норм по вине оператора, согласно рекомендациям, удерживается часть их стоимости.

### ***Контрольные вопросы***

1. Энергетическая оценка топлива.
2. Виды потерь топлива.
3. Пути снижения количественных потерь топлива.
4. Испарение – источник потерь топлива.
5. Причины повышенного расхода топлива при эксплуатации ДВС.
6. Пути повышение коэффициента полезного действия двигателя.
7. Снижение непроизводительных затрат энергии топлива при запуске двигателя.
8. Причины снижения качества топлива.
9. Пути ликвидации нежелательных последствий, связанных с порчей топлива.
10. Целесообразность перевода ДВС на альтернативные виды топлива.
11. Виды потерь смазочных материалов.
12. Пути сокращения расхода смазочных материалов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аллилуев В. А. Техническая эксплуатация МТП / В. А. Аллилуев, А. Д. Ананьин, В. М. Михлин. М. : Агропромиздат, 1991.
2. Баженов С. П. и др. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей и тракторов / С. П. Баженов. М. : ACADEMIA, 2005.
3. Вешкельский С. А. Техническая эксплуатация двигателей внутреннего сгорания / С. А. Вешкельский, Б. С. Лукьянченко СПб. : Машиностроение, 1986.
4. Газарян А. А. Техническое обслуживание автомобилей / А. А. Газарян. М. : Транспорт, 1989.
5. ГОСТ 250-44-81. Диагностирование автомобилей, тракторов и других машин. Основные положения. М. : Изд-во стандартов, 1983.
6. ГОСТ 14846-81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний.
7. ГОСТ 18322-78. Системы технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
8. ГОСТ 4.52-79. Система показателей качества продукции. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура показателей надежности.
9. ГОСТ 23435-79. Техническая диагностика. Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Номенклатура диагностических параметров.
10. ГОСТ 23564-79. Техническая диагностика. Показатели диагностирования.
11. ГОСТ 18322-78 Техническая эксплуатация. Понятия и определения
12. Григорьев М. А. Обеспечение надежности двигателей / М. А. Григорьев, В. А. Долецкий. М. : Изд-во стандартов, 1978.
13. Гурвич И. Б. Эксплуатационная надежность автомобильных двигателей / И. Б. Гурвич, П. Э. Сыркин. М. : Транспорт, 1984.
14. Котиков Ю. Г. Транспортная энергетика / Ю. Г. Котиков, В. Н. Ложкин. М. : ACADEMIA, 2006.

15. Крамаренко Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей / Г. В. Крамаренко. М. : Транспорт, 1983.
16. Краткий автомобильный справочник. НИИАТ, М. : Транспорт, 1984.
17. Кузнецов Е. С. и др. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов. М. : Транспорт, 1991.
18. Никитин Е. А. Диагностирование дизелей / Е. А. Никитин, Л. В. Станиславский, Э. А. Улановский. М. : Машиностроение, 1987.
19. Орфани М. П. Вопросы эксплуатации двигателей внутреннего сгорания: Конспект лекций / М. П. Орфани. Екатеринбург : УГТУ, 2000.
20. Охотников Б. Л. Транспорт предприятий АПК / Б. Л. Охотников. Екатеринбург, 2007.
21. Охотников Б. Л. Диагностика технического состояния двигателей внутреннего сгорания / Б. Л. Охотников. Екатеринбург, УГТУ–УПИ, 2008.
22. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автотранспорта. М. : Транспорт, 1986.
23. Резник Л. Г. и др. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л. Г. Резник. М. : Транспорт. 1989.
24. Шатров М. Г. Автомобильные двигатели / М. Г. Шатров, К. А. Морозов, И. В. Алексеев. М. : Издательский центр «Академия», 2010.
25. Яговкин А. И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин / А. И. Яговкин. М. : Издательский центр «Академия», 2006.

*Учебное издание*

**Охотников Борис Лазаревич**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ  
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Редактор *Л. С. Гудкова*

Корректор *А. А. Загоруйко*

Компьютерный набор *Б. Л. Охотникова*

Компьютерная верстка *Я. П. Бояринова*

Подписано в печать 09.06.2014. Формат 70×100 1/16.  
Бумага писчая. Плоская печать. Усл. печ. л. 11,29.  
Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 70 экз. Заказ № 649.

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
Тел.: 8(343)375-48-25, 375-46-85, 374-19-41  
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620075, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: 8(343) 350-56-64, 350-90-13  
Факс: 8(343) 358-93-06  
E-mail: press-urfu@mail.ru

## ОБ АВТОРЕ



### ОХОТНИКОВ Борис Лазаревич

---

Доктор технических наук, профессор.  
Стаж работы – 50 лет, опубликовано:  
93 научных публикации, 27 авторских сви-  
детельств и патентов, более 50 учебных  
и учебно-методических пособий.  
Научное направление: совершенствование  
технологических процессов и технических  
средств в направлении улучшения эксплуа-  
тационных свойств двигателей внутреннего  
сгорания, экономии материалов и энерго-  
ресурсов.